



**Arlete Susana Costa
Silva de Jesus**

**Ensaaios de Resistência ao Fogo de Elementos de
Compartimentação**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Paulo Jorge de Melo Matias Vila Real, Professor Catedrático da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Aldina Maria da Cruz Santiago
professora auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Prof. Doutor Paulo Jorge de Melo Matias Faria de Vila Real
professor catedrático da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Quero prestar os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador, Prof. Doutor Paulo Vila Real, pelos seus conhecimentos transmitidos, disponibilidade, dedicação, interesse e amizade.

Ao Prof. Nuno Lopes pela sua disponibilidade, interesse, amizade e incentivos.

Ao Prof. Doutor Agostinho Benta pela sua disponibilidade e particularmente, pelos seus conhecimentos transmitidos sobre o software Labview.

À Eng.^a Elsa Neto pelo interesse e apoio.

Aos meus amigos pelo apoio e incentivos prestados nos momentos de desânimo, e pela amizade partilhada ao longo destes anos.

À minha família, em especial à minha mãe e à minha avó pela preocupação e auxílio demonstrados durante esta fase importante da minha vida.

“Obrigado” é uma palavra formal frequentemente utilizada, mas a gratidão que aqui exponho vai além de uma mera formalidade. Sem este apoio não teria conseguido provavelmente realizar esta dissertação.

palavras-chave

elementos de compartimentação, resistência ao fogo, ensaios de resistência ao fogo, Normas Europeias, LERF, EGOLF, Acreditação, Notificação.

resumo

Grandes incêndios marcaram a História. Temos o exemplo do incêndio no Chiado em Lisboa a 25 de Agosto de 1988, onde foram destruídos alguns edifícios do século XVIII. Após acontecimentos como este, urge a necessidade de salvaguardar a vida das pessoas e o património.

Como se sabe, os elementos de compartimentação são um obstáculo à passagem do fogo, limitando a propagação do mesmo no interior de um edifício. O conhecimento da resistência ao fogo destes elementos permite avaliar o seu desempenho numa situação de incêndio. É importante que os elementos de compartimentação mantenham as suas funções durante um certo período de tempo para possibilitar a evacuação das pessoas e a intervenção dos bombeiros.

Esta dissertação encontra-se dividida em três partes. A primeira centra-se na regulamentação sobre resistência ao fogo. Na segunda parte é apresentado o LERF, Laboratório de Estruturas e Resistência ao Fogo da Universidade de Aveiro. É feita uma pequena abordagem relativa ao estado actual da associação EGOLF e sobre a admissão de novos membros no seu seio. Ainda nesta parte se mostra a importância da acreditação e notificação de um laboratório.

Por fim, na terceira parte, é descrito um dos ensaios de resistência ao fogo realizado pelo LERF.

keywords

separating element, fire resistance, European standards, LERF, EGOLF, accreditation, notification.

abstract

Great fires marked the History. The example of fire in Chiado in Lisbon on 25 August 1988, where some buildings of the 18th century were destroyed, can be given as an example. After events like this, appears the necessity to safeguard people's lives and property.

As we know, the separating element is an obstacle to the transition of fire, limiting the spread inside of a building. Knowledge of fire resistance of these elements allows to evaluate its performance in a situation of fire. It is important that the separating element keep their functions during a certain period to allow the evacuation of people and the intervention of firefighters.

This dissertation was divided into three parts. The first one focuses on the regulation of fire resistance. In the second part, it is presented the LERF, Laboratory of Structures and Fire Resistance of the University of Aveiro. It was made a small approach on the current state of the EGOLF Association and on the admission of new members. In this part, it still shown the importance of the accreditation and notification of a laboratory.

Finally, in the third part, is described one of the fire resistance test done by LERF.

ÍNDICE

LISTA DE ACRÓNIMOS	XXI
---------------------------	------------

LISTA DE SÍMBOLOS	XXIII
--------------------------	--------------

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2. OBJECTIVOS	1
1.3. ESTRUTURA DA TESE	2
2. REGULAMENTAÇÃO NA ÁREA DE RESISTÊNCIA AO FOGO	3
2.1. DECRETO-LEI n.º 220/2008	3
2.1.1. Contextualização	3
2.1.2. Objectivos	4
2.1.3. Âmbito de aplicação	4
2.1.4. Descrição geral	5
2.1.4.1. Anexos do DL 220/2008	6
2.2. REGULAMENTAÇÃO EUROPEIA	9
2.2.1. Eurocódigos Estruturais	9
2.2.2. Normas Europeias	10
2.2.3. EN 1363-1 – Ensaios de Resistência ao Fogo: Requisitos gerais	10
2.2.4. Equipamentos de ensaio	11
2.2.4.1. Forno	12
2.2.4.2. Equipamento de carga	12
2.2.4.3. Bastidor	13
2.2.4.4. Termopares	14
2.2.4.5. Termopares do forno	17
2.2.4.6. Termopares de face não exposta	19
2.2.4.7. Termopar móvel	20
2.2.4.8. Termopares internos	21
2.2.4.9. Pressão	22
2.2.5. Condições de ensaio	23
2.2.5.1. Pressão do forno	24
2.2.5.2. Atmosfera no interior do forno	26
2.2.5.3. Condições de restrição da amostra	26
2.2.5.4. Condições de temperatura ambiente	26

2.2.6. Amostra de ensaio	28
2.2.7. Acondicionamento	29
2.2.8. Procedimento de ensaio	30
2.2.8.1. Condições de restrição	30
2.2.8.2. Aplicação da carga	30
2.2.8.3. Começo do ensaio	30
2.2.8.4. Medidas e observações	31
2.2.8.5. Finalização do ensaio	34
2.2.8.6. Critérios de comportamento	34
2.2.9. EN 1634-1 – Ensaio de resistência ao fogo para conjuntos de portas e sistemas de fecho	37
2.2.9.1. Instalação da amostra para ensaio	38
2.2.9.2. Folgas	39
2.2.9.3. Acondicionamento	42
2.2.9.4. Utilização da instrumentação	43
2.2.9.5. Procedimento de ensaio	50
2.2.9.6. Critérios de comportamento	51
2.2.10. EN 13501-2 – Classificação segundo os ensaios de resistência ao fogo excluindo as instalações de ventilação	52
2.2.10.1. Cenários de incêndio	53
2.2.10.2. Comportamento de resistência ao fogo	57
3. LABORATÓRIO DE RESISTÊNCIA AO FOGO	61
3.1. LERF	61
3.2. EGOLF	62
3.2.1. Membros	62
3.2.2. Constituição da EGOLF	65
3.2.3. Admissão	66
3.2.4. Formação exigida	67
3.2.5. Logótipo	68
3.2.6. Aceitação mútua de relatórios	68
3.2.7. O papel do EGOLF no âmbito da marcação CE	69
3.3. NOTIFICAÇÃO	70
3.3.1. Contextualização da legislação a aplicar	70
3.3.2. DL n.º4/2007	71
3.4. ACREDITAÇÃO	75
3.4.1. Regulamento Geral de Acreditação (DRC001)	75
3.4.1.1. Sanções	77
3.4.2. Regulamento dos símbolos de acreditação (DRC002)	78

3.4.3. Procedimentos para acreditação de laboratórios (DRC005)	79
3.4.4. ISO/CEI 17025	80
3.4.4.1. Requisitos de gestão	81
3.4.1.1. Requisitos técnicos	85
4. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO FOGO	89
4.1. BREVE DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E SOFTWARES DO LERF	89
4.2. DESCRIÇÃO DOS ENSAIOS	93
4.2.1. Ensaio das caixas de revisão	93
4.2.1.1. Detalhes da amostra	94
4.2.1.2. Construção	95
4.2.1.3. Instrumentação do ensaio	98
4.2.1.4. Resultados	100
4.2.1.5. Observações e conclusões do ensaio	106
4.2.1.6. Classificação	107
4.2.2. Ensaio a uma porta de vidro corta-fogo	108
5. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	111
4.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
4.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 2.1. Representação esquemática de um termopar.	14
Figura 2.2. Termopar de placa.	18
Figura 2.3. Exemplo de união de um termopar de superfície e a placa de isolamento.	20
Figura 2.4. Termopar móvel.	21
Figura 2.5. Sensor de pressão.	22
Figura 2.6. Pressão a aplicar no forno.	25
Figura 2.7. Equipamento para medição da temperatura ambiente.	27
Figura 2.8. Equipamento laser para medição da deformação do LERF.	32
Figura 2.9. Tampão de algodão do LERF.	33
Figura 2.10. Exemplo de medição de folgas para portas articuladas ou giratórias (secções verticais).	40
Figura 2.11. Exemplo de medição de folgas para portas articuladas e giratórias (secções horizontais).	40
Figura 2.12. Exemplos de medição de aberturas em secções horizontais.	41
Figura 2.13. Exemplos de medição de aberturas, secções verticais.	42
Figura 2.14. Exemplo da distribuição dos termopares na face não exposta em áreas discretas.	44
Figura 2.15. Exemplo da localização dos termopares na face não exposta na periferia das portas articuladas e giratórias (detalhado).	47
Figura 2.16. Redução em número dos termopares da face não exposta de acordo com a largura da folha.	48
Figura 2.17. Posições sugeridas para medição de deformações, conjuntos de portas de folha simples e dupla.	49
Figura 2.18. Fase de crescimento de um incêndio.	53
Figura 2.19. Curva típica de um incêndio.	54
Figura 2.20. Curva de incêndio padrão ISO 834.	55
Figura 2.21. Curva de aquecimento lento.	56
Figura 2.22. Curva de exposição a um fogo exterior.	57

Capítulo 3

Figura 3.1. Representação esquemática da localização dos laboratórios de ensaio ao	63
--	----

fogo associados ao EGOLF

Figura 3.2. Logótipo EGOLF. 68

Figura 3.3. Símbolo de Acreditação. a) Símbolo para um único esquema de acreditação;
b) Combinação de creditações múltiplas do mesmo esquema de acreditação. 78

Figura 3.4. Bandeira 'Entidade Acreditada'. 79

Capítulo 4

Figura 4.1. Sala do laboratório com os equipamentos informáticos e respectivos softwares 90

Figura 4.2. Sistema de aquisição de dados onde estão ligados os termopares da face não exposta. 91

Figura 4.3. Programa criado no LabVIEW 92

Figura 4.4. Desenho da amostra ensaiada. 94

Figura 4.5. Amostra antes da realização do ensaio. 95

Figura 4.6. Evolução da construção da amostra. 96

Figura 4.7. Verificação do funcionamento dos alçapões. 97

Figura 4.8. Folgas medidas nas amostras de ensaio (mm) 97

Figura 4.9. Posicionamento dos termopares do forno e do medidor de pressão 98

Figura 4.10. Posicionamento dos termopares exteriores 99

Figura 4.11. Localização dos pontos de leitura da deformação 99

Figura 4.12. Comparação das curvas temperatura-tempo da média obtida da leituras dos termopares do forno e a curva ISO 834 100

Figura 4.13. Percentagem de desvio da curva ISO 834 101

Figura 4.14. Diferenças das temperaturas dos termopares do forno com a curva ISO 834 101

Figura 4.15. Condições de pressão registadas no interior do forno 102

Figura 4.16. Amostra BA 30 [600x600mm²] com abertura para o exterior. 102

Figura 4.17. Amostra BA 30 [600x600mm²] com abertura para o interior do forno. 103

Figura 4.18. Amostra BA 30 [500x500mm²] com abertura para o interior do forno. 103

Figura 4.19. Amostra BA 45 [500x500mm²] com abertura para o interior do forno. 104

Figura 4.20. Amostra BA 45 [600x600mm²] com abertura para o exterior. 104

Figura 4.21. Amostra BA 45 [600x600mm²] com abertura para o interior do forno. 105

Figura 4.22. Temperaturas médias obtidas em cada uma das caixas de revisão 105

Figura 4.23. Deformação registada	106
Figura 4.24. Montagem do espécime.	108
Figura 4.25. Evolução do ensaio.	109

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 2.1. Denominação das características de resistência.	6
Tabela 2.2. Resistência ao fogo de produtos de construção.	7
Tabela 2.3. Classificação para elementos com funções de suporte de carga e produtos a eles destinados.	7
Tabela 2.4. Classificação para elementos ou partes de obras com funções de suporte de carga e de compartimentação resistente ao fogo.	18
Tabela 2.5. Termopares mais usuais.	14
Tabela 2.6. Características dos termopares tipo K.	15
Tabela 2.7. Precisão dos equipamentos.	23
Tabela 2.8. Características de resistência ao fogo.	58
Tabela 2.9. Períodos de tempo usados na classificação de resistência ao fogo.	59
Tabela 2.10. Classificação geral.	59
Tabela 2.11. Classificação para elementos de compartimentação.	60
Tabela 2.12. Classes para a classificação de resistência ao fogo de portas e elementos de fecho.	60

Capítulo 3

Tabela 3.1. Alguns membros actuais do EGOLF pertencentes à Europa e cuja perícia incide na resistência ao fogo.	64
Tabela 3.2. Sistemas de avaliação da conformidade para a marcação CE.	74
Tabela 3.3. Domínios de acreditação do IPAC.	76

Capítulo 4

Tabela 4.1. Detalhes sobre a amostra a ensaiada.	94
Tabela 4.2. Observações efectuadas.	106
Tabela 4.3. Classificação das amostras Reviclap submetidas ao ensaio de resistência ao fogo.	108

LISTA DE ACRÓNIMOS

ASAE	Autoridade de Segurança Alimentar e Económica
BSI	British Standards
CEN	Comité Européu de Normalização
CE	Comunidade Europeia
DGAE	Direcção Geral das Actividades Económicas
DPC	Directiva dos Produtos da Construção
EA	European cooperation for Accreditation
EEE	Espaço Económico Europeu
EGOLF	European Group of Organizations for Fire Testing
EMF	Electromotive Force / Força Electromotriz
EOTA	Organização Europeia de Aprovação Técnica
ETA	Aprovação Técnica Europeia
FCT	Fundação para a Ciência e Tecnologia
FSG	Fire Sector Group / Grupo Sectorial de Fogo
IAF	International Accreditation Forum
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IPAC	Instituto Português de Acreditação
IPQ	Instituto Português da Qualidade
LERF	Laboratório de Estruturas e Resistência ao Fogo
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
ONA	Organismo Nacional de Acreditação
SPQ	Sistema Português da Qualidade

LISTA DE SÍMBOLOS

Letras maiúsculas do alfabeto latino

- A Área abaixo da curva de temperatura média obtida no forno.
- A_s Área abaixo da curva de temperatura média normalizada.
- H Altura do painel
- L Distância entre apoios da amostra (mm)
- T Temperatura média do forno em graus Célsius (°C).
- W Largura do painel

Letras minúsculas do alfabeto latino

- d_e Desvio em percentagem (%)
- d Distância entre o limite extremo da zona de trabalho a compressão em frio até ao limite extremo da zona de trabalho em tracção a frio de uma secção estrutural (mm).
- h Altura inicial (mm)
- t Tempo em minutos.

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é feita uma pequena introdução geral ao trabalho desenvolvido. São descritos os principais objectivos e os meios conducentes a estes, bem como, a apresentação da estrutura da presente dissertação.

1.1. Considerações gerais

A grande conquista do homem pré-histórico foi o fogo. Durante anos o Homem sobreviveu e evoluiu por ter conseguido dominar o fogo em seu proveito. Sem dúvida, este elemento natural trouxe benefícios à Humanidade, mas também já destruiu uma parte dela e parte do que esta criou. Para se evitar perdas trágicas de pessoas e bens, é fundamental avaliar o comportamento das estruturas ao fogo, com o objectivo de minimizar os perigos inerentes a uma situação de incêndio.

Sabe-se que a compartimentação desempenha um papel importante nas medidas de segurança contra riscos de incêndio em edifícios. É um obstáculo à passagem do fogo, limita a propagação do mesmo dentro de um edifício e/ou entre edifícios contíguos ou próximos. Depreende-se que estes ‘obstáculos’ devam possuir uma resistência ao fogo correspondente às exigências de protecção de incêndio definidas pelo DL n.º 220/2008, de 12 de Novembro, para o tipo de edifício em causa. É fundamental, salvaguardar a vida das pessoas, os bens vizinhos e por vezes os bens directamente expostos ao fogo, daí a importância do estudo da resistência ao fogo. Um edifício deve resistir o tempo necessário à evacuação dos seus ocupantes e permitir a segurança das equipas de intervenção. [17]

A resistência ao fogo em elementos de compartimentação é avaliada através de ensaios laboratoriais, onde os elementos de compartimentação são sujeitos a elevadas temperaturas padronizadas. As curvas padrão existentes são a ASTM E-119 (frequentemente utilizada na América do Norte) e a ISO 834 (usada na América do sul, Europa e Oceânia).

1.2. Objectivos

A presente dissertação tem como principal finalidade o estudo de um ensaio para caracterização da resistência ao fogo de elementos de compartimentação. Este ensaio teve toda uma preparação prévia, estudo e análise das Normas Europeias que se lhe

aplicam. Mas só foi possível efectuar este trabalho, porque foi criado um espaço que deu origem ao primeiro laboratório de resistência ao fogo nacional.

Com verbas do projecto re-equipamento das unidades de investigação financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, a Universidade de Aveiro instalou o Laboratório de Estruturas e Resistência ao Fogo de elementos de construção civil (LERF), o qual possui um forno vertical capaz de definir a resistência ao fogo daqueles elementos de acordo com as normas europeias. Foi neste espaço que se tornou viável a concretização da parte experimental deste trabalho.

1.3. Estrutura da tese

Esta dissertação está organizada em 5 capítulos. Neste primeiro capítulo é feito um enquadramento do trabalho, apresentando uma introdução geral ao tema desta tese e expondo os objectivos.

No **capítulo 2** é feita uma abordagem à regulamentação de resistência ao fogo. Inclui uma breve exposição ao DL n.º220/2008, de 12 de Novembro que estabelece o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios.

A nível europeu existem normas que regem os ensaios de resistência ao fogo, que permitiram a elaboração do ensaio apresentado como caso de estudo no capítulo 4 deste trabalho.

O **capítulo 3** é dedicado à apresentação do LERF e à análise da situação actual de todos os laboratórios de resistência ao fogo da Europa. Também se faz uma breve descrição do EGOLF e sobre o seu processo de admissão de novos membros.

Um outro aspecto estudado neste capítulo é a obtenção da notificação e da acreditação para um laboratório.

No **capítulo 4**, inicialmente descreve-se um pouco o equipamento informático e softwares usados no LERF. Dá-se ênfase ao ensaio realizado, disponibilizando a informação relevante sobre as amostras a ensaiar, sobre a instrumentação utilizada e os resultados obtidos, assim como, a classificação atribuída.

Por fim, no **capítulo 5** são feitas as conclusões sobre o trabalho elaborado e são apresentados possíveis desenvolvimentos futuros.

2. REGULAMENTAÇÃO NA ÁREA DA RESISTÊNCIA AO FOGO

Na área de resistência ao fogo, Portugal não é dotado de qualquer documento normativo. Porém, é objecto de estudo neste capítulo o Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, que estabelece o Regime Jurídico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios, que embora não seja um documento normativo dedicado estritamente à área de resistência ao fogo, reúne disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis em edifícios e recintos. As exigências de resistência ao fogo dos edifícios são em função da sua ocupação, altura e número de ocupantes.

Ainda neste capítulo são apresentadas algumas Normas Europeias que regem os ensaios de resistência ao fogo.

2.1. Decreto-Lei n.º 220/2008

2.1.1. Contextualização

Entre 1951 e 1967 foram elaborados o Regulamento Geral das Edificações Urbanas e o Regulamento das Condições Técnicas e de Segurança dos Recintos de Espectáculos e Divertimentos Públicos, ambos possuíam alguns artigos referentes à segurança contra incêndio de acordo com os conhecimentos dessa data. Porém, desde então verificaram-se importantes avanços nesta área e as disposições em causa mantiveram-se sem qualquer revisão. Toda a legislação existente sobre este tema encontrava-se dispersa em diversos diplomas, os quais apresentavam situações extremas, tais como, omissões e por vezes excesso de minúcia. Perante tantas divergências e soluções contraditórias, optou-se pela edificação de um único regulamento, há muito exigido e fundamental para uma harmonização das disposições regulamentares.

Assim, de um trabalho comum entre o Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil e o Concelho Superior de Obras Públicas e Transportes, surge num único diploma as disposições regulamentares de segurança contra incêndio. Também, outras entidades públicas prestaram o seu contributo dando pareceres e críticas, foram elas: “a Associação Nacional de Municípios Portugueses, a Ordem dos Arquitectos, a Ordem dos Engenheiros, a Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil e os órgãos de governo próprio da Regiões Autónomas”. [4]

“Aproveita-se igualmente este amplo movimento reformador, traduzido no novo regime jurídico, para adoptar o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias n.ºs 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e n.ºs 2000/367/CE e 2003/629/CE, respeitantes ao sistema de classificação da resistência ao fogo.” [4]

2.1.2.Objectivos

Os objectivos específicos do DL n.º 220/2008, de 12 de Novembro, para além da harmonização das disposições regulamentares, consiste na preservação: da vida humana, do ambiente, do património cultural. O cumprimento destes objectivos passa pela diminuição da ocorrência de incêndios, circunscrever eventuais incêndios e mitigar os seus efeitos, facilitar a intervenção dos meios de socorro e a evacuação dos ocupantes de forma eficaz e segura.

2.1.3.Âmbito de aplicação

O presente DL aplica-se aos edifícios e recintos independentemente da sua utilização e envolvente, assim como, os edifícios de apoio a postos de abastecimento (por exemplo restaurantes, oficinas e edifícios de comércio). No âmbito de SCIE não são incluídas as instalações prisionais, espaços de acesso restrito das instalações das forças armadas ou de segurança, assim como, paióis de munições ou de explosivos e carreiras de tiro.

Aos edifícios com habitação somente se aplicam as condições de segurança das instalações técnicas.

Relativamente aos estabelecimentos industriais que transformem ou armazenem substâncias susceptíveis de causar explosões ou produtos radioactivos, bem como os seus espaços afectos, estão sob a legislação relativa à segurança de acessibilidade dos meios de socorro e disponibilidade de água.

À ANPC (Autoridade Nacional e Protecção Civil) foi atribuída a idoneidade para assegurar o cumprimento do presente DL, bem como, a credenciação de entidades para efectuarem inspecções neste âmbito.

2.1.4. Descrição geral

O actual diploma possui disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis em edifícios e recintos, os quais se inserem numa ou mais das doze utilizações-tipo criadas, que por sua vez se encontram subdivididas em quatro categorias de risco de incêndio.

As doze utilizações-tipo consideradas são:

- ♦ “Tipo I - Habitacionais;
- ♦ Tipo II - Estacionamento;
- ♦ Tipo III - Administrativos;
- ♦ Tipo IV - Escolares;
- ♦ Tipo V - Hospitalares e lares de idosos;
- ♦ Tipo VI - Espectáculos e reuniões públicas;
- ♦ Tipo VII - Hoteleiros e restauração;
- ♦ Tipo VIII - Comerciais e gares de transportes;
- ♦ Tipo IX - Desportivos e de lazer;
- ♦ Tipo X - Museus e galerias de arte;
- ♦ Tipo XI - Bibliotecas e arquivos;
- ♦ Tipo XII - Industriais, oficinas e armazéns”. [4]

No artigo 10º é descrita a definição de locais de riscos integrados em edifícios e recintos. Estes locais, à excepção dos fogos de habitação e dos espaços de circulação, são organizados de acordo com a natureza do risco:

- a) O local de risco A é um espaço com a presença dominante de pessoal afecto ao estabelecimento, em pequena quantidade;
- b) O local de risco B possui uma presença dominante de pessoas (pessoal e público), em razoável ou grande quantidade;
- c) O local de risco C apresenta risco agravado de incêndio devido às actividades nele exercidas, equipamentos ou materiais existentes (elevada carga de incêndio);
- d) O local de risco D é um local onde existem pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas;
- e) O local de risco E engloba locais de dormida, em estabelecimentos, que não se insiram na definição de local de risco D;
- f) Por fim, o local de risco F é um espaço que possui meios essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes.

O documento actual adopta categorias de risco, 1.^a, 2.^a, 3.^a e 4.^a categorias, aplicáveis a todas as utilizações-tipo. O grau de risco das categorias aumenta segundo a ordem como estão apresentadas anteriormente.

O presente Decreto-Lei baseia-se nos seguintes factores de classificação do risco: a altura da utilização-tipo; efectivo número máximo de pessoas presentes; efectivo em locais de tipo D ou E; área bruta; número de pisos abaixo do plano de referência; espaço coberto ou ao ar livre; saída independente de locais do tipo D ou E (directa ao exterior, ao nível do plano de referencia) e densidade ou carga de incêndio modificada.

2.1.4.1. Anexos do DL n.º 220/2008

O DL n.º 220/2008 apresenta em anexo tabelas que definem as classes de desempenho de resistência ao fogo padrão dos elementos de construção de acordo com as normas comunitárias. A resistência ao fogo é o indicador do comportamento face ao fogo dos elementos de construção, em termos da manutenção das funções que devem desempenhar em caso de incêndio. Avalia-se pelo tempo que decorre desde o início de um processo térmico normalizado a que o elemento é submetido, até ao momento em que ele deixa de satisfazer determinadas exigências relacionadas com as referidas funções

A Tabela 2.2 refere a equivalência entre as especificações do LNEC e as constantes do sistema europeu para a resistência ao fogo padrão de produtos de construção. Os parâmetros nela apresentados possuem a seguinte denominação, ver Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Denominação das características de resistência ao fogo.

R	Capacidade de suporte de carga
E	Estanquidade a chamas e gases quentes
I	Isolamento térmico
W	Radiação
M	Acção mecânica
C	Fecho automático
S	Passagem de fumo
P ou PH	Continuidade de fornecimento de energia e/ou de sinal
G	Resistência ao fogo
K	Capacidade de protecção contra o fogo

Todos eles dependem do elemento de construção em estudo.

Tabela 2.2. Resistência ao fogo de produtos de construção. [4]

Função do elemento	Classificação de acordo com as especificações do LNEC	Classificação de acordo com o Sistema Europeu
Suporte de cargas	EF	R
Suporte de cargas e estanquidade a chamas e gases quentes	PC	RE
Suporte de cargas e estanquidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico	CF	REI
Estanquidade a chamas e gases quentes	PC	E
Estanquidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico	CF	EI

Tabela 2.3. Classificação para elementos com funções de suporte de carga e de compartimentação resistente ao fogo. [4]

Aplicação: paredes									
Normas: EN 13501-2; EN 1365-1; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificação	Duração (em minuto)								
RE		20	30		60	90	120	180	240
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
REI-M		20	30		60	90	120	180	240
REW		20	30		60	90	120	180	240
Aplicação: pavimentos e coberturas									
Classificação	Duração (em minuto)								
RE		20	30		60	90	120	180	240
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240

Tabela 2.4. Classificação para elementos ou partes de obras sem funções de suporte de carga e produtos a eles destinados. [4]

Aplicação: divisórias, incluindo divisórias com porções não isoladas									
Normas: EN 13501-2; EN 1364-1; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificação	Duração (em minuto)								
E		20	30		60	90	120		
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI-M			30		60	90	120		
EW		20	30		60	90	120		
Aplicação: tectos com resistência independente ao fogo									
Normas: EN 13501-2; EN 1364-2									
Classificação	Duração (em minuto)								
EI	15		30	45	60	90	120	180	240
Aplicação: fachadas e paredes exteriores, incluindo elementos envidraçados									
E	15		30		60	90	120		
EI	15		30		60	90	120		
EW		20	30		60				
Nota:	A classificação é complementada por «(i→o)», (o→i)» ou (i↔o) consoante cumpram os critérios para o fogo interior, exterior ou para ambos, respectivamente.								
Aplicação: fachadas e paredes exteriores incluindo elementos envidraçados									
Normas: EN 13501-2; EN 1364-3, 4, 5, 6; EN 1992-1.2; EN 1993-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificação	Duração (em minuto)								
E	15		30		60	90	120		
EI	15		30		60	90	120		
EW		20	30		60				
Aplicação: pisos falsos									
Normas: EN 13501-2; EN 1366-6.									
Classificação	Duração (em minuto)								
R	15		30						
RE			30						
REI			30						
REW			30						
Aplicação: vedações de aberturas de passagem de cabos e tubagens									
Normas: EN 13501-2; EN 1366-3, 4									
Classificação	Duração (em minuto)								
E	15		30	45	60	90	120	180	240
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
Aplicação: portas e portadas corta-fogo e respectivos dispositivos de fecho, incluindo as que comportem envidraçados e ferragens									
Normas: EN 13501-2; EN 1634-1									
Classificação	Duração (em minuto)								
E	15		30	45	60	90	120	180	240
EI	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EW		20	30		60				

Os critérios (R, E e I) expressos nas tabelas anteriores referem-se à capacidade de suporte de carga, estanquidade e isolamento térmico, respectivamente. Estes critérios

definem propriedades inerentes a um determinado material de construção. A estabilidade verifica-se quando um material de construção com funções de suporte de cargas, é capaz de resistir ao colapso durante um determinado período de tempo, quando sujeito à acção de incêndio. A estanquidade cumpre-se quando um elemento de construção com funções de compartimentação é capaz de impedir a penetração de chamas ou gases quentes, durante um período determinado de tempo. Por sua vez, o isolamento térmico é a propriedade de um elemento de construção também com funções de compartimentação e deve garantir que a temperatura na face não exposta ao fogo, durante um determinado período de tempo não se eleve acima de dado valor.

2.2. Regulamentação Europeia

2.2.1. Eurocódigos Estruturais

Ao nível da regulamentação europeia os eurocódigos são um conjunto de regulamentos de concepção estrutural de qualquer obra de engenharia civil.

Os eurocódigos proporcionam um entendimento comum no dimensionamento de estruturas, entre donos de obra, promotores, utilizadores, projectistas, empreiteiros e fabricantes de materiais; facultam critérios e métodos para que haja uma harmonização dos projectos, facilitando o intercâmbio dos serviços de construção entre os Estados Membros da União Europeia, aumentando deste modo a competitividade no sector da construção. Permitem também estabelecer uma base comum para a investigação e o desenvolvimento de softwares, entre outras ferramentas. [26]

Resumindo, a determinação da resistência mecânica, da estabilidade e a resistência a incêndios das estruturas é o objectivo essencial dos eurocódigos, assim como a obtenção da marcação CE, nos termos da directiva dos produtos de construção.

Os eurocódigos existentes são:

EN 1990 EC0 – Bases de projecto;

EN 1991 EC 1 – Acções em estruturas;

EN 1992 EC 2 – Projecto de estruturas de betão;

EN 1993 EC 3 – Projecto de estruturas de aço;

EN 1994 EC 4 – Projecto de estruturas mistas aço-betão;

EN 1995 EC 5 – Projecto de estruturas de madeira;

EN 1997 EC 7 – Projecto geotécnico;

EN 1998 EC 8 – Projecto de estruturas sismo-resistentes;

EN 1999 EC 9 – Projecto de estruturas de alumínio.

À excepção do EC 7 e EC 8, todos os eurocódigos estruturais contêm a parte 1.2 relativa ao dimensionamento de estruturas resistentes ao fogo.

2.2.2. Normas Europeias

No caso específico do estudo da resistência ao fogo de elementos de construção são as Normas Europeias que regem os ensaios. As normas de principal interesse no âmbito deste trabalho são a EN 1363 *Ensaio de Resistência ao Fogo*, a EN 1634 *Ensaio de resistência ao fogo para conjuntos de portas e sistemas de fecho* e a EN 13501 *Classificação dos produtos de construção e dos elementos construtivos em função do seu comportamento ao fogo*.

Contudo, para o ensaio realizado no LERF e apresentado nesta dissertação só foram estudadas e aplicadas as seguintes partes das normas acima citadas: EN 1363-1 *Requisitos gerais*, EN 1634-1 *Portas e sistemas de fecho corta-fogo* e a EN 13501-2 *Classificação segundo os ensaios de resistência ao fogo excluindo as instalações de ventilação*. Estas normas europeias foram elaboradas pelo Comité Técnico CEN/TC 127 “Segurança contra incêndios em edifícios”, cujo secretariado é assegurado pelo BSI, British Standards.

Seguidamente, faz-se uma pequena abordagem a cada uma delas tendo em conta o grau de relevância do seu conteúdo para este trabalho em particular.

Este subcapítulo incorpora apenas a informação existente nas normas mencionadas e alguma informação relacionada que se considera pertinente.

2.2.3. EN 1363-1 – Ensaio de Resistência ao Fogo: *Requisitos gerais*.

A presente norma estabelece os princípios gerais para determinar a resistência ao fogo de diversos elementos de construção quando submetidos ao aquecimento padronizado. Na norma europeia 1363-2 são apresentados procedimentos alternativos e adicionais para requisitos especiais.

As normas europeias relativas a ensaios de resistência ao fogo mencionam no respectivo documento os aspectos e procedimentos de ensaio a seguir. O princípio geral comum aos vários métodos de ensaios específicos é apresentado na EN 1363-1, os detalhes variam de acordo com os elementos a ensaiar e constam no método de ensaio específico.

Os resultados de ensaio obtidos podem ser directamente aplicáveis a elementos de construção semelhantes ou com variações do elemento ensaiado. No campo de aplicação directa consideram-se as variações possíveis da amostra para que esta continue cumprindo o requisito de resistência ao fogo. As regras para cada tipo de elemento de construção encontram-se na respectiva norma de ensaio.

As variações fora daquelas permitidas pelo campo de aplicação directa dos resultados de ensaio determinam-se mediante um processo designado 'extrapolação dos resultados de ensaio'. Esta extrapolação resulta de uma revisão aprofundada do projecto do produto e do seu comportamento durante o ensaio, realizada por uma entidade reconhecida neste âmbito. [1]

Tendo em conta as modificações devido à aplicação directa ou extrapolações dos resultados do teste, a duração para a qual o elemento testado cumpre os critérios específicos permite a posterior classificação.

2.2.4. Equipamentos de ensaio

De acordo com Norma EN 1363-1, os equipamentos necessários à realização de um ensaio de resistência ao fogo são, essencialmente:

- Um forno adequado à avaliação da resistência de elementos de construção quando expostos às condições de temperatura e pressão exigidos pela norma;
- Um equipamento de controlo, que permita regular a temperatura dentro do forno, de acordo com as especificações contidas na presente norma;
- Um equipamento para controlar e monitorizar a pressão dos gases dentro do forno;
- Um bastidor no qual seja possível construir o elemento a testar e onde se verifiquem as condições de adaptação ao forno, para que as condições de aquecimento, pressão e suporte da amostra sejam as apropriadas;
- Um sistema para a aplicação de cargas na amostra de ensaio, assim como o respectivo controlo e vigilância para o valor dessa carga aplicada;
- Equipamento para a medição da temperatura no interior do forno e na face não exposta da amostra e, para os casos em que haja necessidade, no interior da amostra;
- Equipamento para a medição da deformação da amostra em teste;
- Equipamento capaz de avaliar o isolamento às chamas e gases e o cumprimento dos critérios de comportamento;

- Aparelho para a medição do tempo decorrido;
- Equipamento de medição da concentração de oxigénio e de gases no interior do forno.

2.2.4.1. Forno

Relativamente ao forno de ensaios, este é projectado para a utilização de combustíveis líquidos ou gasosos e deve ser apropriado ao aquecimento de elementos de compartimentação verticais ou horizontais numa das suas faces; pilares em todas as suas faces; paredes em mais do que uma face e até mesmo vigas em três ou quatro lados, conforme seja necessário. Por vezes, certos elementos específicos requerem fornos com características especiais.

O forno deve desempenhar as condições normalizadas para a exposição ao fogo, tendo em atenção o seu aspecto térmico e a pressão no seu interior.

O seu revestimento interior deve ser realizado com materiais cuja densidade seja inferior a 1000 kg/m³, com uma espessura mínima de 50mm e deve constituir menos de 70% da superfície interna exposta ao fogo.

Segundo a EN 1363-1 estas são as características fundamentais para o forno de um laboratório de ensaios de resistência ao fogo. O LERF está dotado de um forno vertical que permite o ensaio de elementos de compartimentação vertical numa das suas faces. O forno foi construído de acordo com as especificações acima requeridas, respeitando também as recomendações da EGOLF (European Group of Organizations for Fire Testing, Inspection and Certification). [8] Este grupo é apresentado no capítulo 3.

2.2.4.2. Equipamento de carga

O equipamento de carga deve submeter a amostra de ensaio ao valor de carga pretendido. O requerente do ensaio deve fornecer os fundamentos que determinem a carga a aplicar, incluindo os cálculos justificativos, se este depende das propriedades dos materiais da amostra. Deve indicar, também, a relação entre a carga a aplicar no ensaio e a que está aplicada na realidade (desde que esta seja conhecida). O laboratório deve verificar tanto quanto possível, as propriedades dos materiais utilizados pelo requerente na determinação da carga a aplicar.

A presente norma possui em anexo bases adicionais para a determinação da carga de ensaio, e que passam a ser citadas: a carga aplicada na amostra de ensaio ao longo do teste de resistência ao fogo tem um efeito significativo sobre o seu comportamento, constituindo uma informação importante na aplicação posterior dos resultados de ensaio,

em relação aos dados obtidos noutros ensaios ou provas semelhantes. Portanto, é da responsabilidade do requerente informar sobre as condições de serviço da amostra e acordar com o laboratório a carga de ensaio a aplicar.

É essencial colocar em relevo o método desenvolvido para a aplicação da carga durante o ensaio, é desejável que esteja relacionado com o limite máximo de carga desse elemento a frio, e é fundamental que a base deste desenvolvimento esteja claramente exposta no relatório de ensaio, assim como, qualquer outra informação pertinente, tal como as propriedades do material e dos níveis de esforço que podem afectar uma possível aplicação posterior dos resultados de ensaio.

A carga pode ser aplicada de maneira hidráulica, mecânica ou mediante o uso de pesos. Este equipamento deve simular condições de carga uniforme, pontual, axial ou excêntrica de acordo com o pretendido para submeter a amostra ao ensaio. O equipamento deve ser capaz de manter a carga num valor constante ($\pm 5\%$ do valor requerido) na sua distribuição e com capacidade resistente ao longo de todo o ensaio.

Este equipamento não deve ter influência na transferência de calor através da amostra nem impedir o correcto funcionamento do material isolante dos termopares de controlo. Além disso, não deve interferir na medida da temperatura superficial e/ou na deformação, permitindo as observações gerais a realizar sobre a face não exposta. A área total de contacto entre os pontos de aplicação de carga e a amostra submetida a ensaio não pode ser superior a 10% da área total da superfície horizontal do espécime.

2.2.4.3. Bastidor

A amostra de ensaio deve ser montada num bastidor, projectado para reproduzir as condições limite e de suporte da mesma. O tipo de bastidor e o seu desempenho varia de acordo com o elemento a ser ensaiado.

Diferentes tipos de amostras requerem bastidores com grau de rigidez diferente. O comportamento deste é avaliado aplicando uma força de expansão dentro do bastidor a meia altura e entre dois membros opostos medindo o aumento da dimensão interna, que não deve exceder 2mm com a aplicação de uma força de 25KN. Esta avaliação deve ser efectuada nas duas direcções do bastidor.

No caso do bastidor ter de cumprir requisitos diferentes destes citados, a norma específica de ensaio se assim o exigir apresenta no seu conteúdo os requisitos adicionais.

2.2.4.4. Termopares

➔ Generalidades

Os termopares são dispositivos electrónicos cuja função consiste na medição da temperatura. São, fundamentalmente, compostos por dois filamentos de metais de natureza distinta ou ligas de composição diferentes. Estes filamentos são soldados numa extremidade, designada de junta quente ou junta de medição, na outra extremidade é fechado o circuito, de acordo com a Figura 2.1.

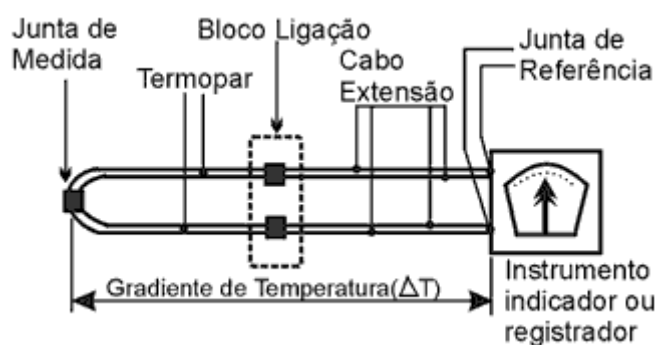


Figura 2.1 Representação esquemática de um termopar. [14]

Na seguinte tabela são apresentados alguns tipos de termopares mais usuais.

Tabela 2.5. Termopares mais usuais. [8]

Tipo de termopar	Termoelemento positivo	Termoelemento negativo
T	Cobre	Cobre-Níquel
J	Ferro	Níquel-Alumínio
E	Níquel-Crómio	Cobre-Níquel
K	Níquel-Crómio	Níquel-Alumínio
N	Nicrosil *	Nisil **
R	13% Ródio / Platina 87%	Platina

Os valores que se seguem são meramente representativos, podem estar sujeitos a pequenas variações:

* Nicrosil – liga de 84,5%Ni (Níquel) 14%Cr (Crómio) e 1,5%Si (Silício).

** Nisil – liga de 95,4%Ni (Níquel), 4,4%Si (Silício) e 0,1%Mg (Magnésio).

➔ Termopar do tipo K

De todos os termopares usados na indústria o mais utilizado é o termopar do tipo K.

O termopar do tipo K (nomenclatura adoptada pela norma ANSI, American National Standards Institute), é constituído pelas ligas de Crómio e Alumínio, como se pode ver na Tabela 2.5, e possui as características apresentadas na Tabela 2.6:

Tabela 2.6. Características dos termopares tipo K. [20]

Características	Termopar tipo K
Temperatura mínima	-200
Temperatura máxima	+1100
Leitura máxima no ponto	+1300
Exactidão	$\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ ou $0,0075 \times T$ (T – temperatura medida em $^{\circ}\text{C}$)
Escala de temperatura	-40 até +1200

Em 1916, quando a ciência da metalurgia ainda estava pouco desenvolvida foi desenvolvido o termopar K. Nessa época era impossível produzir níquel muito puro, pelo que ao termopar K estavam associadas impurezas. Apesar do avanço da ciência, hoje em dia essas impurezas existem deliberadamente para manter a sua calibração. Os termopares do tipo K apresentam alguns problemas, nomeadamente:

1. O termoelemento negativo é ferromagnético, à temperatura ambiente, e atinge o seu ponto de Curie (temperatura acima da qual as substâncias perdem as propriedades ferromagnéticas) na escala útil do termopar. Esta mudança causa uma alteração na saída do EMF (Electromotive Force / Força Electromotriz). O ponto de Curie depende da consistência da liga, no caso do tipo K não está definida, e varia de termopar para termopar.
2. A temperaturas elevadas entre os 200°C e os 600°C o termopar do tipo K sofre efeitos de histerese. A causa disto não é presentemente conhecida. O efeito é dependente da composição exacta das ligas assim como a história térmica do termopar. O resultado é uma mudança imprevisível no EMF.
3. Em temperaturas que rondam os 1000°C os termoelementos oxidam, pois as ligas usadas são permeáveis ao oxigénio interna e externamente. [20]

Os vários elementos usados nas ligas oxidam a níveis diferentes provocando uma alteração na sua constituição e consequentemente no EMF.

O uso do cobalto na liga do termopar do tipo K causa problemas na indústria nuclear, ou outras áreas de elevado fluxo de neutrões. Alguns elementos como o cobalto, sofre o decaimento nuclear alterando a liga e o seu EMF.

➔ **Termopar do tipo N**

O termopar N não é meramente um termopar à base de níquel melhorado, pois supera todas as desvantagens, não somente do termopar do tipo K, mas de todos os outros à base de níquel. Apresenta a melhor combinação de elementos dando os melhores resultados para um termopar à base de níquel. Os quatro problemas encontrados no termopar do tipo K são tratados da seguinte forma com o termopar do tipo N:

1. O ponto de Curie é ajustado bem abaixo de zero escolhendo uma combinação apropriada de elementos encontrando-se fora da escala de medição do par termoelétrico.
2. A histerese depende dos componentes da liga, ao aperfeiçoá-la o efeito é mitigado.
3. O uso do silicone nas ligas leva à formação de silicatos na superfície dos fios, protegendo da oxidação. Este sistema de protecção é um dos mais conhecidos, impedindo a oxidação e consequentemente a alteração do EMF. Um termopar do tipo K, eventualmente, apresenta uma falha mecânica quando o fio é oxidado de tal forma que é incapaz de resistir às tensões de origem térmica e rompe.
4. Nos termopares do tipo N todos os elementos susceptíveis de mudarem devido ao elevado fluxo de neutrões são removidos, consequentemente, não sofre alteração na calibração.

Em suma e para reforçar a ideia, o termopar N vence as desvantagens de qualquer termopar à base de níquel incluindo o termopar K. [20]

Os termopares com isolamento mineral do tipo K pode sofrer outros problemas que são partilhados pelo do tipo N.

O material da bainha para a maioria dos termopares com isolamento mineral é normalmente de aço inoxidável. Este material pode causar uma perda de calibração devido aos elementos da liga que difundem na junção quente do termopar, adulterando-a. Este elemento extra muda a relação EMF/temperatura induzindo erros. Este problema é comum nos dois tipos K e N, mas para o termopar N existe uma solução simples. Como o termoelemento negativo do termopar N é feito de nisil, se a bainha for do mesmo material a difusão é muito reduzida e o efeito descrito deixa de ser um problema. Ao usar bainhas de nisil reduz também os esforços térmicos gerados devido às diferentes taxas de expansão térmica do aço e níquel que pode levar à falha dos condutores nos termopares de isolamento mineral.

Após o termopar do tipo K ser calibrado apresenta uma tolerância de $\pm 3^{\circ}\text{C}$, porém, não é possível garantir a mesma tolerância da próxima vez que o termopar for aquecido. Este problema não existe no termopar do tipo N.

Outra vantagem do Termopar tipo N é o sistema de protecção da oxidação. Ao usar silicone é eficaz até ao ponto de derretimento das ligas, assim a escala de temperatura estende-se até aos 1300°C para ambas junções expostas e para os de isolamento mineral usando bainhas de nisil. [20]

➔ **Termopar do tipo T**

Os termopares do tipo T apresentam duas vantagens principais relativamente ao tipo K e tipo N, nomeadamente:

1. Uma escala extensa e específica de temperaturas baixas;
2. Maior exactidão (abaixo dos 100°C apresenta uma exactidão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$).

No entanto, existem duas desvantagens:

1. A relação EMF/temperatura não é linear;
2. A temperatura de funcionamento máximo é de 400°C .

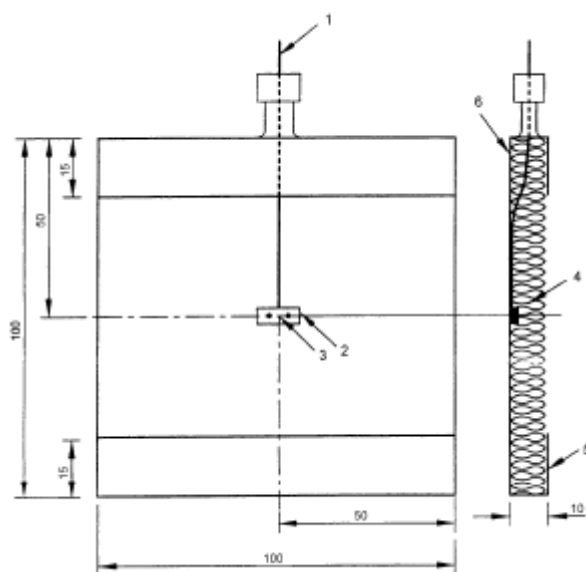
Com os indicadores modernos electrónicos de temperaturas a primeira desvantagem não causa problema quanto à sua não-linearidade. Se se prevê uma medição de temperaturas inferior a 400°C o tipo T é uma boa opção devido à sua exactidão. O tipo T está a ser usado extensivamente nos laboratórios.

Em aplicações industriais deve ser evitado o uso de mais do que um tipo de termopares devido à possibilidade de se usar o sensor errado.

Se só um tipo de termopar deve ser escolhido, a escolha normal é o termopar do tipo K, porque dá uma óptima escala de temperatura. Contudo, tendo em consideração as novas aplicações deve optar-se pelo tipo N devido às suas vantagens sobre o tipo K e a larga escala de leitura de temperaturas. [20]

2.2.4.5. Termopares do forno

Os termopares do forno são termómetros de placa. A placa é composta por uma chapa grossa em aço dobrado, que contém material isolante, e nesta encontra-se fixado um par termoeléctrico. As dimensões da chapa de níquel são as seguintes: (150 ± 1) mm de comprimento por (100 ± 1) mm de largura por $(0,7 \pm 0,1)$ mm de espessura, dobrado tal como se pode ver na Figura 2.2.



a)



b)

Legenda:

- 1 – Termopar com união de medida isolante
- 2 – Banda de aço soldada ou aparafusada
- 3 – União de medida do termopar
- 4 – Material isolante
- 5 – Banda de ligação de níquel de espessura $(0,7 \pm 0,1)$ mm
- 6 – Face “A”



c)

Figura 2.2 Termopar de placa. a) [1]; b) Termopar de placa utilizado no LERF; c) Pormenor do termopar de placa do LERF

O conjunto de medida consiste na união de dois fios de níquel-crômio/níquel-alumínio (termopar tipo K), definido na norma IEC 584-1, que se encontram envolvidos num isolante mineral dentro de uma bainha de uma liga de metal resistente ao fogo, de diâmetro de 1mm, com uma união de medida isolada electricamente da dita bainha. A união de medição do termopar está fixada ao centro da placa, como se pode ver na Figura 2.2 c), mediante uma pequena banda do mesmo material. A banda de aço pode estar soldada ou aparafusada, para facilitar a sua substituição. Se a banda for soldada

deve apresentar as seguintes dimensões 18mm por 6mm, no caso de ser aparafusada deve ser de 25mm por 6mm, e o parafuso deve ter 2mm de diâmetro.

O conjunto da placa e termopar está provido de um isolante inorgânico, de (97 ± 1) mm por (97 ± 1) mm, por (10 ± 1) mm de espessura e densidade (280 ± 30) kg/m³.

➔ **Cuidados e manutenção**

Ao utilizar o termopar pela primeira vez, este deve ser introduzido no forno pré-aquecido a 1000°C durante uma hora ou, em alternativa, expô-lo ao incêndio padrão, durante 80min.

Ao fim de 50h de utilização de um termopar no interior do forno, este e a peça de isolamento devem ser substituídos. Todas as utilizações devem ficar registadas e devem ser indicados os comprovativos de duração e uso.

Os termopares do forno são resistentes aos danos provocados pela queda de partículas da amostra de ensaio ou deterioração devido ao uso continuado, porém com o passar do tempo perdem sensibilidade. É conveniente, que antes de cada ensaio, estes sejam inspeccionados e na presença de algum dano, deterioração ou medições impróprias, se proceda à sua substituição.

➔ **Posicionamento**

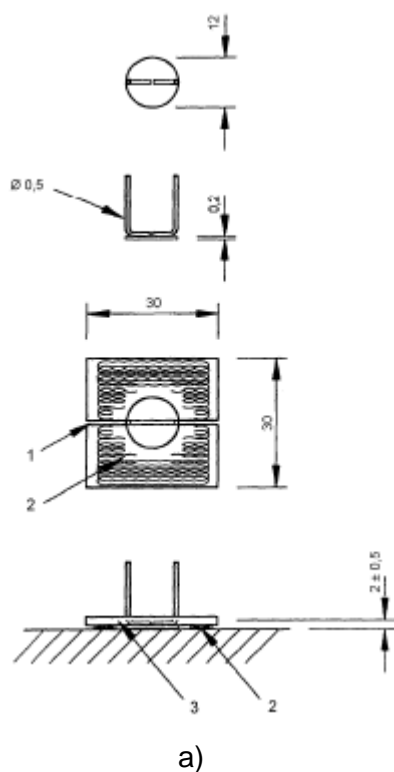
O sistema de suporte dos termopares do forno não deve penetrar ou estar em contacto com a amostra de ensaio, a menos que o seja requerido na norma. No caso, de se verificar o anteriormente descrito, deve ter-se em atenção a sua influência sobre o comportamento da amostra, em relação aos critérios de comportamento.

2.2.4.6. Termopares de face não exposta

A temperatura na face não exposta da amostra é obtida através de termopares, também designados termopares exteriores. Para permitir um bom contacto térmico, os fios do termopar tipo K, de acordo com o disposto na norma CEI 584-1, com 0.5mm de diâmetro são soldados ou unidos fortemente a um disco de cobre de diâmetro 12mm e espessura de 0.2mm.

Cada termopar deve ser coberto com uma placa de material inorgânico, como se pode ver na Figura 2.3. A placa deve ter as seguintes dimensões, $(30\pm0,5)$ mm por $(30\pm0,5)$ mm, e com $(2\pm0,5)$ mm de espessura, desde que nada em contrário seja especificado nas normas de cada elemento. O material isolante deve possuir uma densidade de

(900±100) kg/m³ e apresentar cortes para o encaixe dos fios dos termopares, estas ranhuras situam-se nas extremidades opostas da placa.



Legenda:

1 – Exemplo de corte que permite à placa situar-se sobre o disco de cobre

2 – Exemplo de colocação do adesivo entre o termopar e a amostra

3 – Disco de cobre e a placa isolante aderidos à superfície da amostra

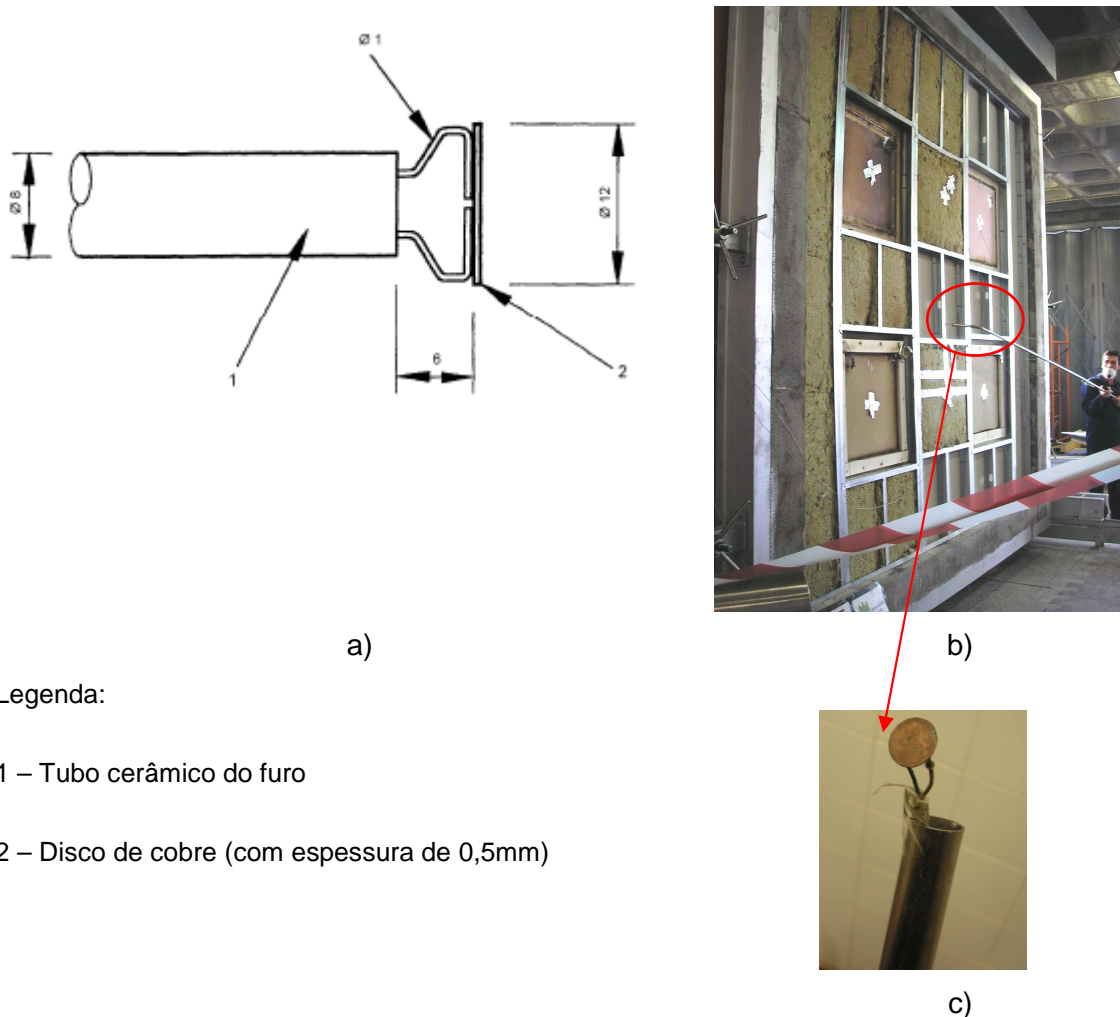
Nota: não deve haver cola entre o disco de cobre e a superfície da amostra nem entre o termopar e placa de isolamento.

Figura 2.3 Exemplo de união de um termopar de superfície e a placa de isolamento.
a) [1]; b) Termopar do LERF.

2.2.4.7. Termopar móvel

O termopar móvel representado, esquematicamente, na Figura 2.4, mede a temperatura na face não exposta da amostra, e tal como o próprio nome indica, permite a sua medição em qualquer local presumível de ocorrência de temperaturas mais elevadas. A união de medida do termopar consiste em dois fios do termopar tipo K de 1mm de diâmetro, de acordo com a norma IEC 584-1, soldados ou unidos firmemente a um disco

de 12mm de diâmetro e 0,5mm de espessura. O conjunto deve estar provido de um punho para permitir a sua utilização em qualquer ponto da superfície não exposta da amostra de ensaio.



Legenda:

1 – Tubo cerâmico do furo

2 – Disco de cobre (com espessura de 0,5mm)

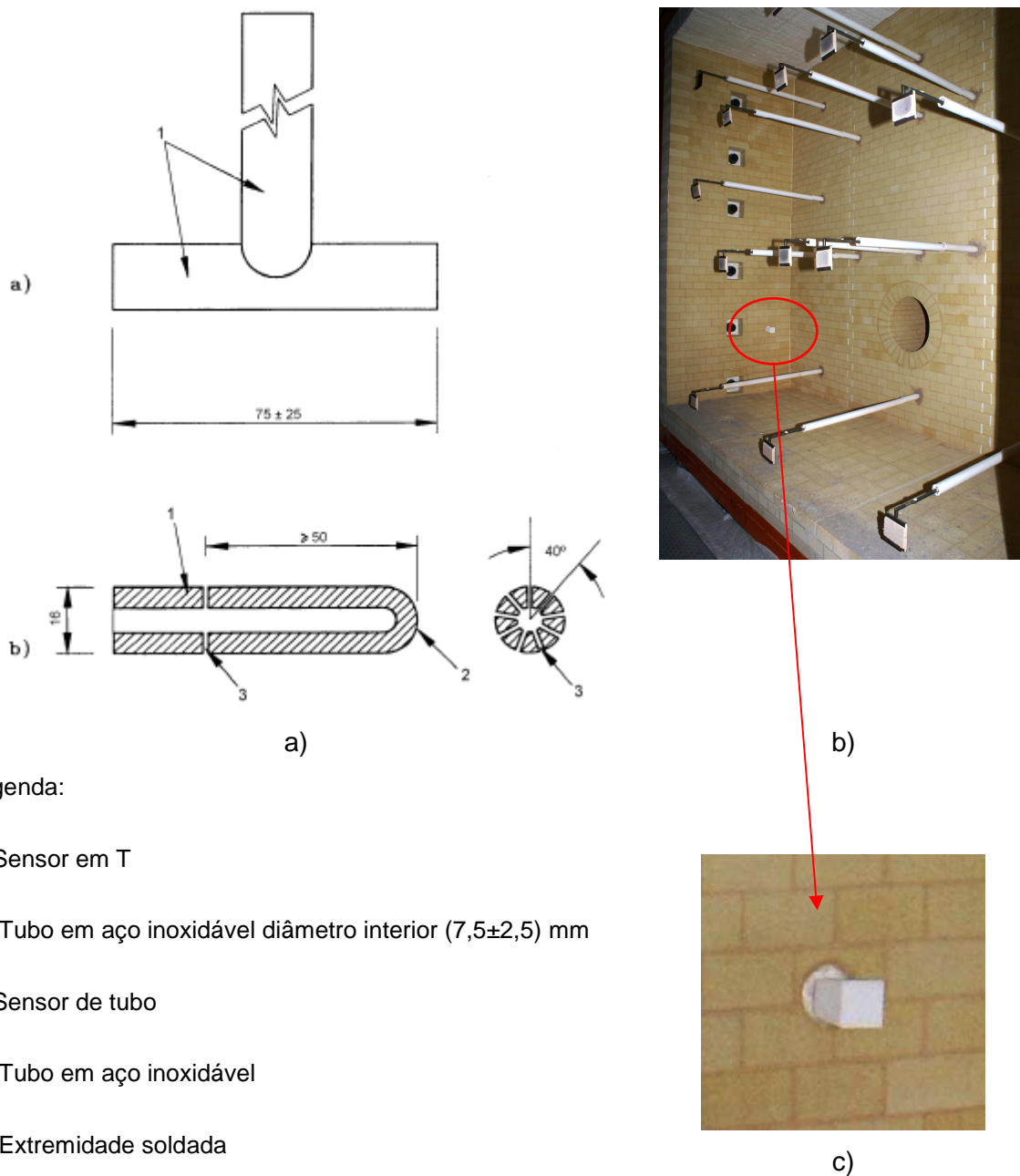
Figura 2.4 Termopar móvel. a) [1]; b) Termopar móvel do LERF; c) Pormenor do termopar móvel do LERF.

2.2.4.8. Termopar interno

Se se pretender obter informação sobre a temperatura no interior da amostra de ensaio ou de um componente em particular, como por exemplo, o betão, aço ou madeira, é possível através de termopares com características apropriadas à escala de temperaturas a medir e adequados ao tipo de material que compõe a amostra. Estes termopares devem possuir um isolamento duplo de fibra de vidro com fios de 0,5mm de diâmetro e com uniões soldadas ou entrelaçadas.

2.2.4.9. Pressão

A pressão no interior do forno é medida através de um sensor, apresentado na Figura 2.5.



Legenda:

a) Sensor em T

1 - Tubo em aço inoxidável diâmetro interior (7,5±2,5) mm

b) Sensor de tubo

1 - Tubo em aço inoxidável

2 - Extremidade soldada

3 - Orifício de 1,2mm de diâmetro

Figura 2.5 Sensor de pressão. a) [1]; b) Sensor de pressão do LERF; c) Pormenor do sensor de pressão do LERF.

Para a realização de ensaios, os equipamentos devem cumprir níveis de precisão, ver Tabela 2.7.

Tabela 2.7. Precisão dos equipamentos. [1]

Forno	$\pm 15^{\circ}\text{C}$
Temperatura ambiente e face não exposta da amostra	$\pm 4^{\circ}\text{C}$
Outros	$\pm 10^{\circ}\text{C}$
Pressão	$\pm 2 \text{ Pa}$
Carga	$\pm 2,5\%$ da carga aplicada no ensaio
Dilatação e contracção	$\pm 0,5\text{mm}$
Outras medidas de deformação	$\pm 2\text{mm}$

2.2.5. Condições de ensaio

Para que um ensaio seja efectuado de acordo com a presente regulamentação deve ter-se em atenção algumas condições. São elas:

- a) A temperatura do forno. A temperatura média fornecida pelos termopares do forno deve seguir a curva de aquecimento dada por:

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (2.1.)$$

Onde:

T – temperatura média do forno em graus Célsius.

t – tempo em minutos.

- b) Tolerâncias. A percentagem de desvio, dada pela relação da área da curva de temperatura média registada pelos termopares do forno e a área da curva normalizada obtida em (2.1.), deve obedecer às seguintes margens:

a) 15%	para	$5 < t \leq 10$	[t – tempo em minutos]
b) $[15 - 0,5(t - 10)] \%$	para	$10 < t \leq 30$	
c) $[5 - 0,083(t - 30)] \%$	para	$30 < t \leq 60$	
d) 2,5%	para	$t > 60$	

$$d_e = \frac{A - A_s}{A_s} \times 100 \quad (2.2.)$$

Onde:

d_e – desvio (em %)

A – área situada abaixo da curva de temperatura/tempo obtida no forno;

A_s – área situada abaixo da curva de temperatura/tempo normalizada (ISO 834) ;

Todas as áreas devem ser calculadas pelo mesmo método, ou seja, pelo somatório das áreas em intervalos não superiores a 1 minuto e calculadas a partir do momento zero.

Em qualquer momento, após os primeiros 10 minutos de ensaio, a temperatura registada por qualquer termopar no forno não deve diferir da temperatura correspondente da curva padrão mais de 100 ° C.

Quando se testam espécimes que ardem rapidamente, um desvio superior a 100 ° C acima da curva normalizada pode ser excedido por um período não superior a 10 minutos desde que esse excesso esteja claramente associado a uma ignição súbita de quantidades significativas de material combustível que provoca o aumento da temperatura dos gases no interior do forno.

2.2.5.1. Pressão do forno

A pressão no interior do forno encontra-se condicionada pelo movimento natural dos gases. De modo a controlar a pressão pode considerar-se o gradiente de pressão de 8,5 Pa por metro de altura no forno.

A pressão do forno deve ser controlada de forma a que durante os primeiros cinco minutos do ensaio esta se mantenha a ± 5 Pa da pressão aplicada ao elemento a ensaiar, a partir dos dez minutos esta deve variar apenas ± 3 Pa da mesma pressão aplicada. O sistema de medição da pressão não considera as flutuações rápidas no interior do forno, por exemplo, associadas a turbulências.

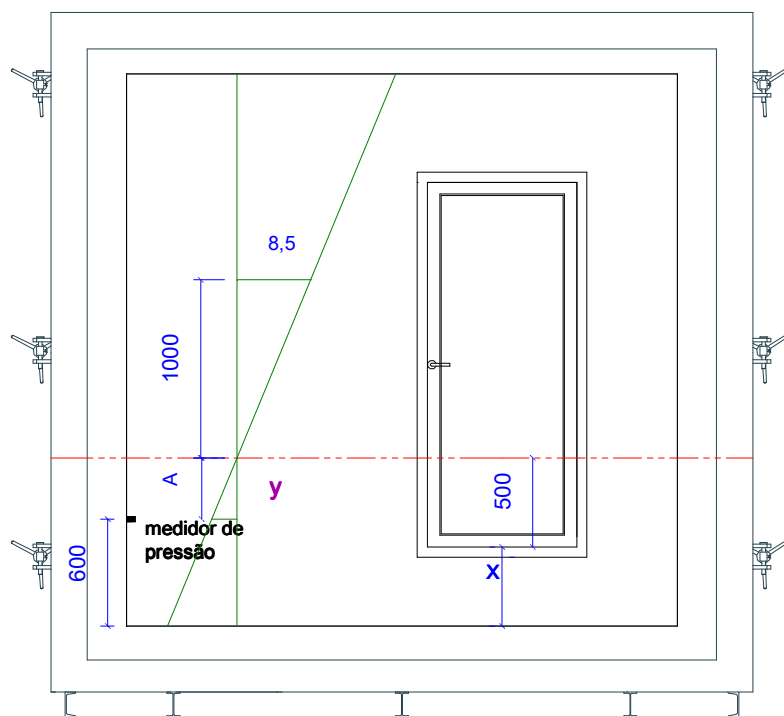
➡ Estabelecimento do plano de pressão neutra

O plano de pressão neutra deve ser estabelecido a 500mm acima do nível da soleira da porta. Independentemente desta condição, a pressão na parte superior do

espécime não deve exceder 20Pa, esta exigência pode levar ao ajuste do plano de pressão neutra.

A equação (2.3) traduz a pressão a instalar no forno de acordo com os requisitos apresentados. A Figura 2.6 apresenta um esquema de apoio à equação (2.3), as linhas azuis são as condições exigidas pela EN 1363-1 e a linha vermelha indica o plano de pressão neutra.

$$y = -\frac{8,5 \times 600}{1000} + \frac{8,5 \times (500 + x)}{1000} \quad (2.3.)$$



Legenda:

y – pressão a introduzir no forno

$$A = (500 + x) - 600 \quad (2.3.1)$$

Figura 2.6 Pressão a aplicar no forno.

2.2.5.2. Atmosfera no interior do forno

A atmosfera no interior do forno deve conter um mínimo de 4% de oxigénio, assim a relação ar/combustível e qualquer introdução de ar secundário deve ser ajustada ao testar espécimes sem índice de combustível.

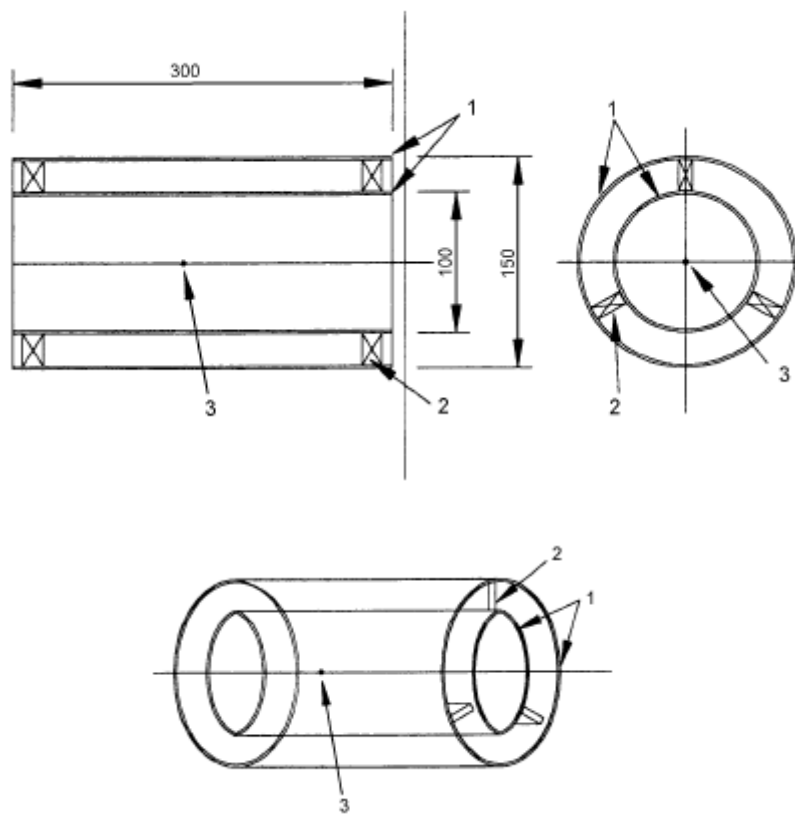
2.2.5.3. Condições de restrição da amostra

A amostra a ensaiar ou o conjunto de ensaio, conforme o caso, é construído num bastidor de ensaio, que reproduz as condições de restrição e contorno exigíveis para o ensaio.

2.2.5.4. Condições da temperatura ambiente

A temperatura ambiente deve ser de $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ no início do ensaio e deve ser obtida a uma distância compreendida entre 1m a 3m da face não exposta da amostra de ensaio, garantindo assim que este termopar não seja afectado pela radiação térmica proveniente do forno de ensaio. A Figura 2.7 ilustra o equipamento adequado à medição da temperatura ambiente, composto por dois tubos de plástico com 300mm de comprimento cada, apresentando um diâmetro de 100 e 150mm, respectivamente.

Durante o ensaio a temperatura ambiente não deve diminuir mais do que 5°C ou aumentar mais do que 20°C .



a)



b)

Legenda:

1 – Tubos;

2 – Espaçadores;

3 – Posição do medidor de temperatura ambiente.

Figura 2.7 Equipamento para medição da temperatura ambiente. a) [1]; b) Equipamento do LERF.

➔ **Desvios sobre os requisitos exigidos**

Se a temperatura do forno, pressão e temperatura ambiente registradas ao longo do ensaio forem mais severas do que o estabelecido na presente norma, o ensaio pode ser considerado como válido.

2.2.6. Amostra de ensaio

A amostra de ensaio deve apresentar as medidas reais, porém, quando tal não é possível as medidas desta devem ser estabelecidas de acordo com o método específico de ensaio.

Relativamente ao número de amostras a ensaiar para elementos de compartimentação deve ter-se em atenção se a amostra deve ser resistente ao fogo numa só face ou não. No caso de ter de resistir ao fogo numa só face, então o ensaio é realizado expondo ao aquecimento padronizado aquela face. Caso contrário, devem ser ensaiadas tantas amostras quanto faces necessitem ser expostas ao fogo. Se o elemento for considerado simétrico e se as exigências de resistência ao fogo forem iguais em ambas as faces, então é realizado apenas um ensaio. Qualquer que seja a situação da amostra e o motivo da escolha do número de amostras e faces a expor ao fogo, deve ser sempre referido no relatório de ensaio.

Se as condições de contorno necessárias para o ensaio forem diferentes, isto requer amostras de ensaio adicionais.

Para os elementos que não desempenham funções de compartimentação, apenas se requer uma só amostra.

Os materiais utilizados na construção da amostra devem corresponder à realidade. Deve incluir os acabamentos e acessórios que fazem parte do elemento a ensaiar e que podem influenciar o seu comportamento durante a sua exposição ao fogo. Não se pode incluir diferentes variações dentro de uma única amostra (por exemplo, vários tipos de articulações). Qualquer modificação realizada para poder executar a instalação específica da amostra dentro do bastidor, deve ser efectuada de maneira a não influenciar significativamente o seu comportamento e deve ser descrito, pormenorizadamente, no relatório de ensaio.

É exigido à amostra que esta seja representativa da realidade. Para tal o método de construção deve ser o que se emprega, normalmente, em obra. O requerente do ensaio é responsável por este requisito. Ao laboratório compete vigiar a construção da amostra para que possa incluir no relatório de ensaio a metodologia e o nível de perícia aplicados.

Antes da realização do ensaio o requerente deve ceder ao laboratório uma descrição de todos os detalhes construtivos, tais como projectos e constituição da amostra, indicando o fabricante/ fornecedor, assim como um procedimento de montagem.

Estes dados devem ser facultados com alguma antecedência ao ensaio para que o laboratório possa proceder à análise da conformidade da amostra com as descrições fornecidas. O laboratório para se certificar da conformidade da amostra pode supervisionar o processo de construção ou requerer uma amostra adicional. Quando for apropriado, deve determinar-se as propriedades reais dos materiais.

Se não for possível verificar a conformidade de todos os aspectos da construção da amostra antes do ensaio, então o laboratório deve basear-se na informação fornecida pelo requerente. Este pormenor deve constar no relatório de ensaio. O laboratório, contudo, deve assegurar-se da integridade do projecto da amostra e se é fiável no momento do registo dos detalhes construtivos no relatório de ensaio. Nos métodos específicos de ensaio existem detalhes adicionais para a verificação de cada amostra.

O processo de verificação pode ser efectuado por terceiros, sendo à responsabilidade do laboratório.

2.2.7. Acondicionamento

No momento do ensaio a resistência mecânica e o teor de água da amostra deve ser aproximadamente igual ao que se espera ter em condições normais de uso. É preferível não proceder ao ensaio até que a amostra alcance um equilíbrio resultante das condições de armazenamento num ambiente de 50% de humidade relativa a 23°C. Se a amostra for acondicionada de uma maneira diferente deve constar no relatório de ensaio.

Os elementos compostos por betão, alvenaria ou elementos que contenham partes de betão, não devem ser ensaiados sem um acondicionamento de pelo menos 28 dias.

O tipo de construções massivas, por exemplo grandes elementos construídos em betão, podem conter grandes quantidades de humidade e portanto podem necessitar de um período mais alargado para ganhar preza. Tais amostras podem ser ensaiadas quando a sua humidade relativa alcançar os 75%. Se não for possível alcançar esta humidade num prazo razoável, então mede-se a percentagem de humidade no momento do ensaio e regista-se esta informação no relatório de ensaio.

A EN 1363-1 contém em anexo informações para a medição da humidade relativa.

Quando uma amostra de ensaio é montada numa obra de suporte não é necessário o acondicionamento total da obra de suporte, se se demonstrar que esta não influencia o comportamento da amostra devido ao excesso de humidade, que pode provocar, por exemplo, perda de resistência mecânica, destacamento violento de material contido na

obra de suporte e alteração da temperatura. Nos métodos de ensaio específicos pode encontrar-se algumas alterações nos requisitos de acondicionamento.

2.2.8. Procedimento do ensaio

Para se proceder ao ensaio deve respeitar-se os seguintes requisitos:

2.2.8.1. Condições de restrição

Dependendo do desenho da amostra, poderão ser realizadas condições de restrição de acordo com a sua construção no interior do bastidor. Este método é utilizado para elementos de compartimentação e se se verificar qualquer abertura entre os bordos da amostra e o bastidor, deve preencher-se essa zona com material não compressível.

2.2.8.2. Aplicação da carga

Para elementos de capacidade de suporte de carga, a carga de ensaio deve ser aplicada 15 minutos antes do começo do ensaio e a um ritmo tal que não se produzam efeitos dinâmicos. Todas as deformações desta fase devem ser medidas.

Se durante o ensaio de carga, a amostra apresentar deformações aparentes, a carga aplicada deve ser mantida até que as ditas deformações estabilizem. Após esta aplicação e durante o decorrer do ensaio, a carga deve ser mantida constante, assim que o elemento demonstrar deformações, o sistema de carga responde de forma a manter o valor aplicado.

2.2.8.3. Começo do ensaio

Cinco minutos depois do início do ensaio, as temperaturas registadas em todos os termopares asseguram a correcta relação entre si. Obter-se-ão dados semelhantes, por exemplo, para a deformação, quando seja necessária a sua avaliação, anotar-se-á a situação inicial da amostra a ensaiar.

A temperatura média interna inicial e a temperatura da face não exposta da amostra deve ser de $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ e não diferir da temperatura ambiente inicial em mais de 5°C .

A temperatura ambiente deve ser de $20^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ no início do ensaio e o dispositivo deve situar-se a uma distância de um a três metros afastado horizontalmente da face não exposta do elemento submetido às condições de aquecimento regulamentar, de modo a que não seja afectado pela radiação térmica proveniente da amostra ou do próprio forno. Na Figura 2.7 é apresentado um esquema do dispositivo de medição da temperatura ambiente.

Durante o ensaio, a temperatura no laboratório não deve decrescer mais de 5°C, nem aumentar mais de 20°C em todos os elementos separadores isolados, enquanto continuem cumprindo o critério de isolamento térmico.

A temperatura inicial do forno deve ser de (30 ± 20) °C, assim que qualquer um dos termopares registre uma temperatura superior a 50°C, o ensaio começa.

A contagem da duração do ensaio é realizada nesse instante e todos os sistemas, tanto automáticos como manuais devem entrar em funcionamento nesse preciso momento.

2.2.8.4. Medidas e observações

Desde o começo do ensaio e sempre que seja necessário, deve realizar-se as seguintes medidas e observações:

➔ Temperatura

Durante o período de exposição ao fogo as temperaturas obtidas através dos termopares, à excepção do termopar móvel, devem ser registadas em intervalos não superiores a um minuto. Sempre que se utilize o termopar móvel na proximidade de uma descontinuidade, por exemplo, entre os painéis adjacentes a uma parede, o centro do disco não se deve situar a menos de 15mm da dita descontinuidade.

Este termopar deve ser utilizado em qualquer ponto suspeito de apresentar temperaturas elevadas que podem ocorrer no decurso do ensaio. Não existe nenhuma razão para manter a aplicação do termopar móvel se não se chega a registar uma temperatura de 150°C dentro de um período de aplicação de vinte segundos. As restrições para o uso do termopar móvel são as mesmas dos termopares fixos. Este só deve ser utilizado para a avaliação do critério da temperatura máxima.

➔ Pressão dentro do forno

A pressão do forno deve ser medida e registada continuamente ou em intervalos não superiores a um minuto.

➔ Deformação

A deformação produzida na amostra a ensaiar deve ser medida e registada ao longo de todo o ensaio. Esta medição é efectuada através de um equipamento laser, como se demonstra na Figura 2.8 e no respectivo equipamento informático procede-se ao registo dos valores obtidos.



Figura 2.8 Equipamento laser para medição da deformação.

Nas amostras submetidas ao ensaio de carga, a deformação deve ser medida antes e após a aplicação da carga de ensaio, em intervalos de um minuto durante todo o período de exposição ao fogo. Em elementos horizontais sujeitos a aplicação de carga, a medição da deformação deve realizar-se no ponto onde se espera registrar uma deformação máxima, para elementos simplesmente apoiados verifica-se esta ocorrência, normalmente, a metade da sua distância. Para elementos verticais sujeitos a aplicação de carga, se a deformação axial apresentar um aumento na altura da amostra deve expressar-se com valores positivos, enquanto que, se verificar uma diminuição, deve ser expressa com um valor negativo.

No caso da norma específica do ensaio requerer, a medição da deformação deve ser realizada nos pontos e com a frequência que permita apresentar um desenvolvimento dos movimentos sucedidos na amostra de ensaio. A norma de ensaio correspondente contém guias para orientar a localização e a frequência das medidas a realizar num elemento de construção específico sob as condições de ensaio. Pode ser importante aumentar a frequência dessas medidas até à falha da estanquidade, pois essa informação é útil para extrapolações para análise posterior.

➔ **Estanquidade, calibre de abertura e isolamento às chamas e/ou gases**

A estanquidade de um elemento de compartimentação deve ser avaliada ao longo do ensaio por um tampão de algodão, ver Figura 2.9, realizando observações sobre a amostra de ensaio para registrar a presença de chamas constantes. A menos que no respectivo método de ensaio não seja sugerida outra especificação.

O tampão de algodão é colocado num suporte dentro do qual está montado contra a superfície da amostra, durante um período de 30 segundos, ou até que se produza ignição (tanto combustão com chama ou sem chama) no referido tampão. A carbonização deste, sem ocorrência de combustão tanto com ou sem chama, não será tido em conta. Pode realizar-se pequenos ajustes na posição do tampão de algodão para que se consiga alcançar o máximo efeito dos gases.

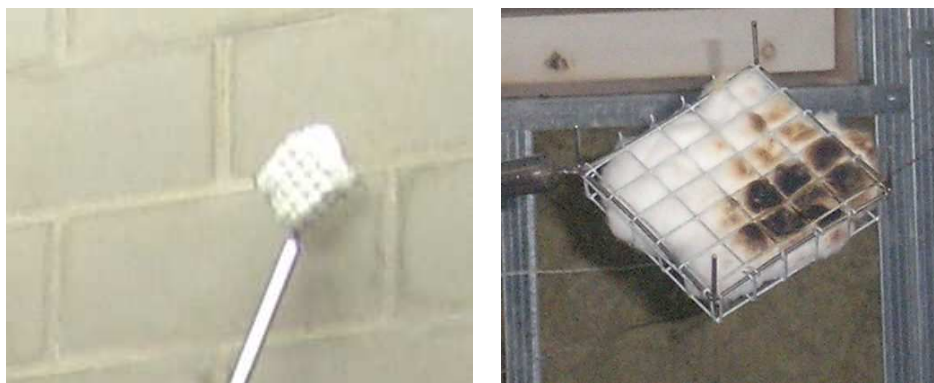


Figura 2.9 Tampão de algodão do LERF.

No caso, da superfície da amostra apresentar irregularidades próximo da área onde se tenha registado a abertura, deve-se tomar precauções no sentido de assegurar que existem pelo menos 30mm de espaço entre o tampão de algodão e qualquer parte da amostra de ensaio durante a execução desta medida. O suporte dentro do qual se coloca o tampão de algodão possui uns ganchos para garantir o cumprimento dessa distância mínima de 30mm, é visível na Figura 2.9

O operador de ensaio pode realizar ensaio para avaliar o isolamento às chamas e gases da amostra de ensaio. Tais operações podem consistir em aplicações breves de carácter selectivo do tampão de algodão nas áreas onde possam existir potenciais falhas e/ou movimentar o tampão em redor das ditas áreas. A carbonização do tampão pode indicar uma falha iminente, pelo que se deve utilizar um novo tampão de algodão de maneira a confirmar a falha ao isolamento às chamas e gases.

Deve-se registar o tempo em que se produz a ignição e o lugar onde ocorreu.

No caso de se utilizarem os calibres de abertura, o tamanho da abertura na superfície da amostra deverá ser controlado em intervalos de tempo que são determinados em função do ritmo de deterioração da amostra. Utilizam-se dois tipos de calibres de abertura, de forma alternativa e sem usar uma força de aplicação indevida: de modo a que o calibre de abertura de 6mm possa passar através da amostra de ensaio de maneira a que este penetre no interior do forno e possa ser deslocado numa distância de

150mm ao longo da abertura; ou de modo a que o calibre de abertura de 25mm possa passar através da amostra de maneira a penetrar no interior do forno.

Qualquer interrupção pequena do deslocamento do calibre de abertura devido a ter um pequeno ou inexistente efeito sobre a transmissão dos gases a alta temperatura que saiam através da abertura não será tida em consideração, por exemplo, a presença de um pequeno ponto de união através de uma junta da amostra que se tenha aberto devido à deformação. Deve registar-se o momento em que haja a possibilidade de uma penetração de um calibre de abertura em qualquer fenda produzida na amostra de ensaio, de acordo com o modo anteriormente descrito, e a sua posição.

A presença de qualquer chama na face não exposta ao fogo da amostra deverá ser anotada e incluir a sua duração e localização.

➔ **Restrição aplicada à carga**

No caso de elementos sujeitos à aplicação de carga, deve registar-se o tempo em que a amostra de ensaio não pode manter a carga de teste aplicada.

Regista-se também qualquer variação das forças medidas e ou momentos necessários para manter as condições específicas de restrição.

Em geral, realizam-se observações sobre o comportamento da amostra de ensaio no decorrer deste e anotam-se todos os fenómenos de interesse, tais como emissão de fumo, fracturas, fusões, perdas de rigidez, expulsão do material interno, carbonizações, etc. dos materiais constituintes da amostra em estudo.

2.2.8.5. Finalização do ensaio

O ensaio poderá ser finalizado quando se verificar um ou mais do que um dos seguintes aspectos:

- a) A segurança dos técnicos e dos equipamentos presentes no laboratório;
- b) A obtenção dos critérios seleccionados;
- c) Petição do requerente do ensaio.

2.2.8.6. Critérios de comportamento

A amostra ao ser ensaiada pode ser avaliada em relação aos seguintes comportamentos:

- Capacidade de resistência
- Estanquidade às chamas e gases
- Isolamento térmico

A resistência ao fogo em termos de estabilidade é o tempo em minutos, durante o qual a amostra continua a manter a sua capacidade de suporte da carga de ensaio. A

capacidade de suporte será determinada através da deformação do espécime e a velocidade da mesma. Devido à possibilidade de ocorrência de deformações relativamente rápidas até se atingir condições de estabilidade, o critério referente à velocidade de deformação não será de aplicação, até que a deformação tenha ultrapassado o valor de $L/30$, em que L é o vão do elemento a ensaiar. De acordo com a presente norma (EN 1363-1), considera-se que o critério de capacidade resistente falha quando um dos seguintes critérios seja superado:

a) Para elementos sujeitos à flexão:

Limite da flexão,

$$D = \frac{L^2}{400d} \quad mm \quad (2.4.)$$

e Limite da velocidade de flexão,

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000d} \quad mm/min \quad (2.5.)$$

Onde:

L – distância entre apoios da amostra (mm)

d – distância entre o limite extremo da zona de trabalho a compressão em frio até ao limite extremo da zona de trabalho em tracção a frio de uma secção estrutural (mm).

b) Para elementos sujeitos à compressão

Limite da contracção vertical (dilatação negativa),

$$C = \frac{h}{100} \quad mm \quad (2.6.)$$

Velocidade de contracção limite (dilatação negativa),

$$\frac{dC}{dt} = \frac{3h}{1000} \quad mm/min \quad (2.7.)$$

Onde, h – altura inicial (mm)

A resistência ao fogo em termos de estanquidade é o tempo, em minutos, durante o qual a amostra continua a manter a sua função de compartimentação, sem se verificar a presença de:

- a) Ignição do tampão de algodão
- b) Penetração do calibre de abertura
- c) Chamas constantes.

A resistência ao fogo em termos de isolamento térmico é o tempo em minutos, durante o qual a amostra continua a manter a sua função separadora durante o ensaio, sem desenvolver temperaturas elevadas na face não exposta, de acordo com:

- a) O aumento da temperatura média sobre a temperatura média inicial ^(*) não seja superior a 140°C; ou
- b) O aumento da temperatura em qualquer ponto (incluindo aqueles em que se utiliza o termopar móvel) não ultrapasse a temperatura inicial mais de 180°C.

^(*) A temperatura média inicial é a temperatura média na face da amostra no início do ensaio.

Alguns elementos de construção apresentam diferentes limites para o aumento da temperatura na face não exposta, dos acima mencionados. Estes limites são de aplicação total ou parcial da amostra em avaliação. Os detalhes sobre esses limites e a localização das áreas onde se encontram as temperaturas mais elevadas estão especificados na norma de ensaio correspondente.

No caso da amostra apresentar áreas com diferentes níveis de isolamento térmico, será avaliada em separado de acordo com a norma específica, tanto o aumento médio como o aumento máximo da temperatura.

Em suma, a norma EN 1636-1 define que quando o critério de capacidade resistente falha, os critérios de isolamento térmico e estanquidade são considerados automaticamente sem cumprimento. Por sua vez, considera-se que o critério de isolamento térmico não tem cumprimento quando o critério de estanquidade não é satisfeito.

2.2.9.EN 1634-1 – *Ensaaios de resistência ao fogo para conjuntos de portas e sistemas de fecho*

Como foi referido, anteriormente, a EN 1363-1 apresenta os requisitos gerais para ensaios de resistência ao fogo, por sua vez a EN 1634-1 é uma norma específica que se destina ao ensaio de resistência ao fogo para conjuntos de portas e sistemas de fecho. Esta norma possui como base a precedente e apenas apresenta requisitos específicos referentes ao ensaio de conjuntos de portas e sistemas de fecho. Para tal considera que tanto, os equipamentos a utilizar, bem como as condições de ensaio devem estar em conformidade com a EN 1363-1.

Relativamente, à amostra de ensaio são exigidos os mesmos requisitos mencionados na EN1363-1. Relembrando, esta deve apresentar o tamanho real, salvo se for maior do que a abertura do forno, o forno de ensaios do LERF possui uma abertura de $(3,1 \times 3,1)\text{m}^2$. Quando não seja possível executar esta cláusula deve ensaiar-se a amostra com o tamanho máximo possível. O número de amostras a ensaiar está relacionado com o facto desta ser simétrica, deste modo basta ser ensaiada apenas de um lado ou se esta necessitar resistir ao fogo apenas de um lado. Esta informação deve ficar registada no respectivo relatório de ensaio.

O projecto do espécime a ensaiar e a escolha da obra de suporte devem ter em consideração as exigências do campo directo de aplicação dos resultados, para se conseguir uma ampla aplicação. O requerente do ensaio deve indicar ao laboratório o valor das folgas de concepção incluindo as tolerâncias.

Quando o conjunto da porta ou sistema de fecho a ensaiar possui painéis laterais, envidraçados ou não, estes devem ser ensaiados como parte do conjunto.

A amostra de ensaio deve possuir todos os acabamentos de superfície e as ferragens adequadas que fazem parte do conjunto da porta ou do sistema de fecho e que podem ser susceptíveis de influenciar o seu comportamento quando exposto ao aquecimento padronizado.

A construção da amostra deve ser efectuada de acordo com o especificado na EN 1363-1.

Tal como na norma anterior, a EN1634-1 requer que seja fornecida informação rigorosa, por parte do requerente, para que o laboratório possa levar a cabo um exame detalhado da amostra antes do ensaio e verificar a exactidão da informação fornecida.

Quando não seja possível uma vigilância detalhada da amostra de ensaio, o laboratório deve optar por uma das seguintes opções:

1. Deve solicitar a supervisão da construção do conjunto a ensaiar;
2. Deve solicitar ao requerente um conjunto adicional à quantidade necessária para ensaiar, ou se for o caso, uma parte do conjunto que não pode ser verificada. No caso de ser fornecido um conjunto adicional fica ao critério do laboratório escolher qual dos conjuntos é que deve ser submetido a ensaio e qual deve ser usado para inspecção.

2.2.9.1. Instalação da amostra para ensaio

A amostra a ensaiar deve ser instalada cumprido a execução usada na realidade. A sua obra de suporte deve representar a efectivamente usada na prática. O projecto do sistema de conexão da porta com a obra de suporte, incluindo qualquer fixação ou material usado na junta entre a amostra e a obra, deve ser igual ao que se utiliza na prática e deve ser considerado como parte integrante do elemento submetido a ensaio.

Relativamente à obra de suporte, a sua resistência ao fogo não deve ser determinada, simultaneamente, com o conjunto da porta ou sistema de fecho e quando for sujeita a avaliação não deve ser inferior à determinada para o conjunto de porta ou sistema de fecho.

A escolha de uma obra de suporte normalizada deve reproduzir as condições de posterior utilização. A obra de suporte normalizada deve ser seleccionada de entre as indicadas na EN 1363-1. Em obras de suporte normalizadas flexíveis e em todas as obras de suporte associadas, esta deve ser edificada de forma a poder deformar livremente na direcção perpendicular ao plano da construção, ao longo dos rebordos verticais, isto é, deve existir um rebordo livre em cada extremo da construção. Enquanto que as obras de suporte normalizadas do tipo rígido não permitem deformações nesse mesmo plano, isto é, deve ser fixada ao interior do bastidor, como na prática.

A obra de suporte é montada no interior do bastidor deixando uma abertura do tamanho pretendido para depois se colocar a porta. A não ser que o método de execução na prática requeira a instalação da porta ou do sistema de fecho simultaneamente com a construção da obra de suporte, utilizando os métodos de fixação pretendidos.

“A construção de suporte deve ter uma espessura mínima de 200mm exposta à fornalha, em cada lado e no topo da abertura à qual é fixado o conjunto da porta e do aro. A espessura da construção de suporte pode ser aumentada fora da zona dos 200 mm. A construção de ensaio pode incorporar mais do que um exemplar de ensaio, desde que

exista uma separação mínima entre cada exemplar e entre os exemplares e a orla da fornalha.

Se na prática a parte inferior do conjunto da porta, ou do sistema de fecho, estiver ao nível do pavimento, então, na base da abertura deve ser simulada a continuidade do pavimento, utilizando um material rígido não combustível, com largura mínima de 200 mm para cada lado do conjunto (isto é, desde a face exposta até à face não exposta). O pavimento da fornalha pode ser considerado como fazendo parte da simulação da continuidade do pavimento, desde que esteja nivelado com a base do conjunto. Se for incorporada uma soleira como parte do conjunto da porta ou do sistema de fecho, esta deve ser inserida na extensão do pavimento, ou colocada no topo deste. Se o conjunto da porta, ou do sistema de fecho, não for concebido para ser utilizado ao nível do pavimento, e desde que tenha um detalhe de aro nos quatro lados da abertura, então pode ser montado simplesmente inserido na espessura da parede, sem a extensão do pavimento.” [2]

Deve ter-se em atenção o seguinte caso, se o conjunto da porta for ensaiado com um pavimento não combustível, esta situação pode não representar a realidade, pois difere da possibilidade de se ter um pavimento combustível, como a madeira ou alcatifa.

2.2.9.2. Folgas

O ajuste das folgas da porta ou do sistema de fecho deve estar dentro dos limites de tolerância dos valores de concepção estabelecidos pelo requerente. Estas folgas devem ser representativas das utilizadas na prática, de modo a que haja um espaçamento adequado entre os componentes fixos e móveis.

Para gerar uma maior amplitude no domínio da aplicação directa dos resultados do ensaio, as folgas devem situar-se entre o valor médio e valor máximo da escala de valores dados pelo requerente. Por exemplo, uma porta com uma escala de folgas estabelecida entre 3 mm e 8 mm ensaia-se com um valor entre 5,5mm e 8mm.

Da Figura 2.10 à Figura 2.13 vê-se alguns exemplos de medições de folgas que devem ser efectuadas nas diferentes posições para diferentes ligações porta/guarnição. Se as aberturas medidas pelo laboratório não estão de acordo com o citado no parágrafo anterior, antes do teste, então o resultado da análise pode restringir o campo de aplicação directa.

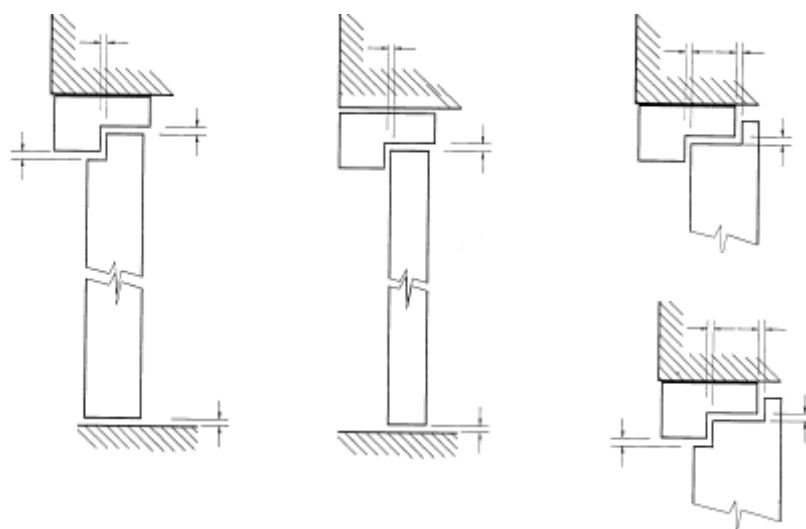


Figura 2.10 Exemplo de medição de folgas para portas articuladas ou giratórias (secções verticais). [2]

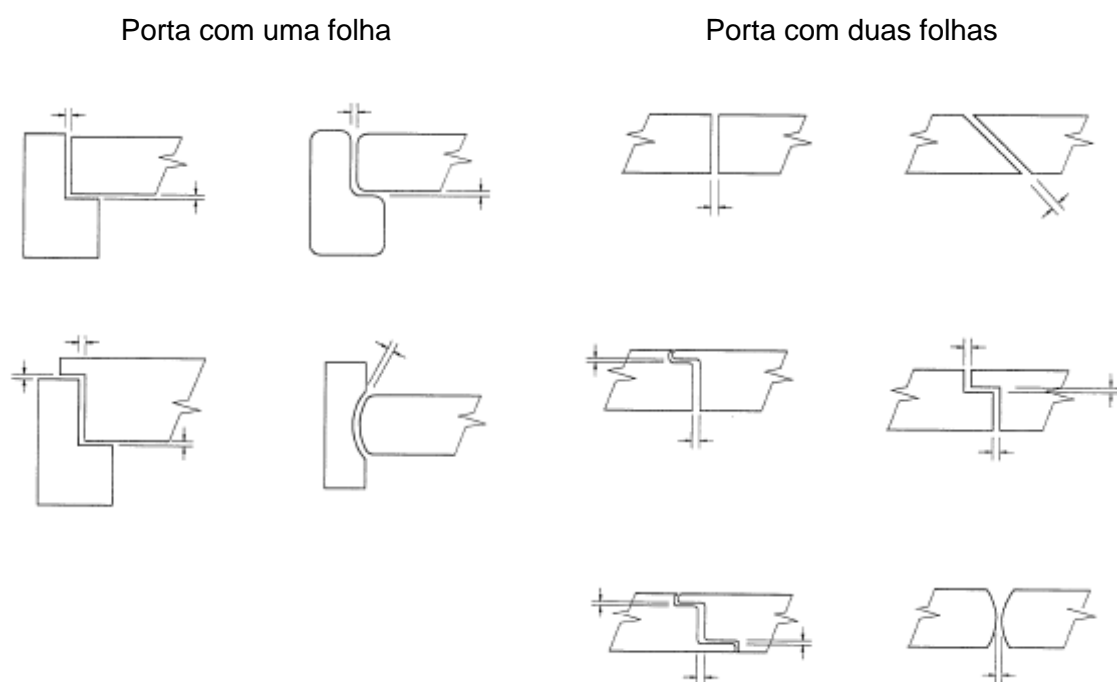
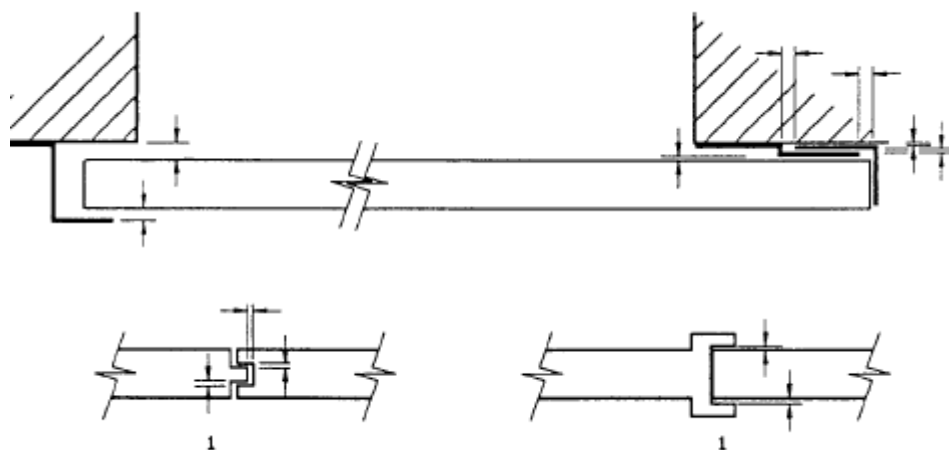
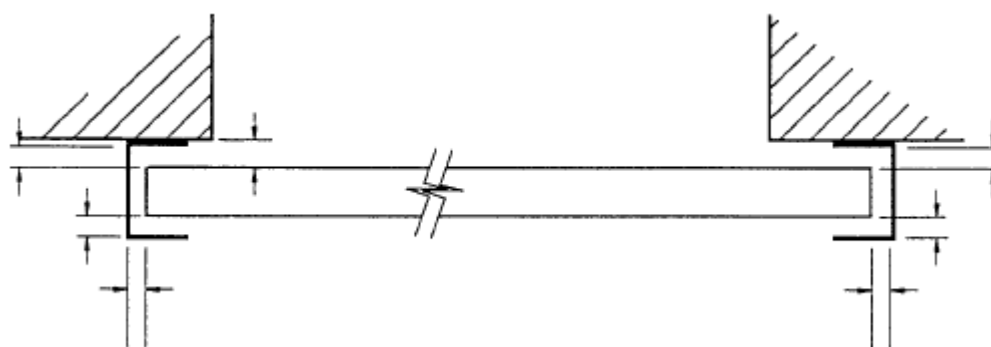


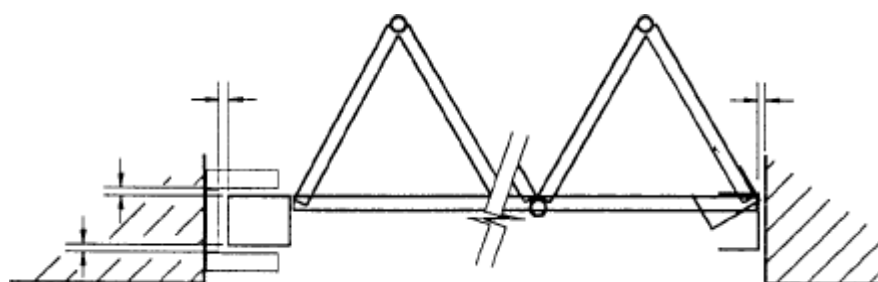
Figura 2.11 Exemplo de medição de folgas para portas articuladas e giratórias, secções horizontais. [2]



a) Portas deslizantes. 1 – Extremidades de encontro.



b) Portas de enrolar



c) Portas de fole

Figura 2.12 Exemplos de medição de aberturas em secções horizontais. [2]

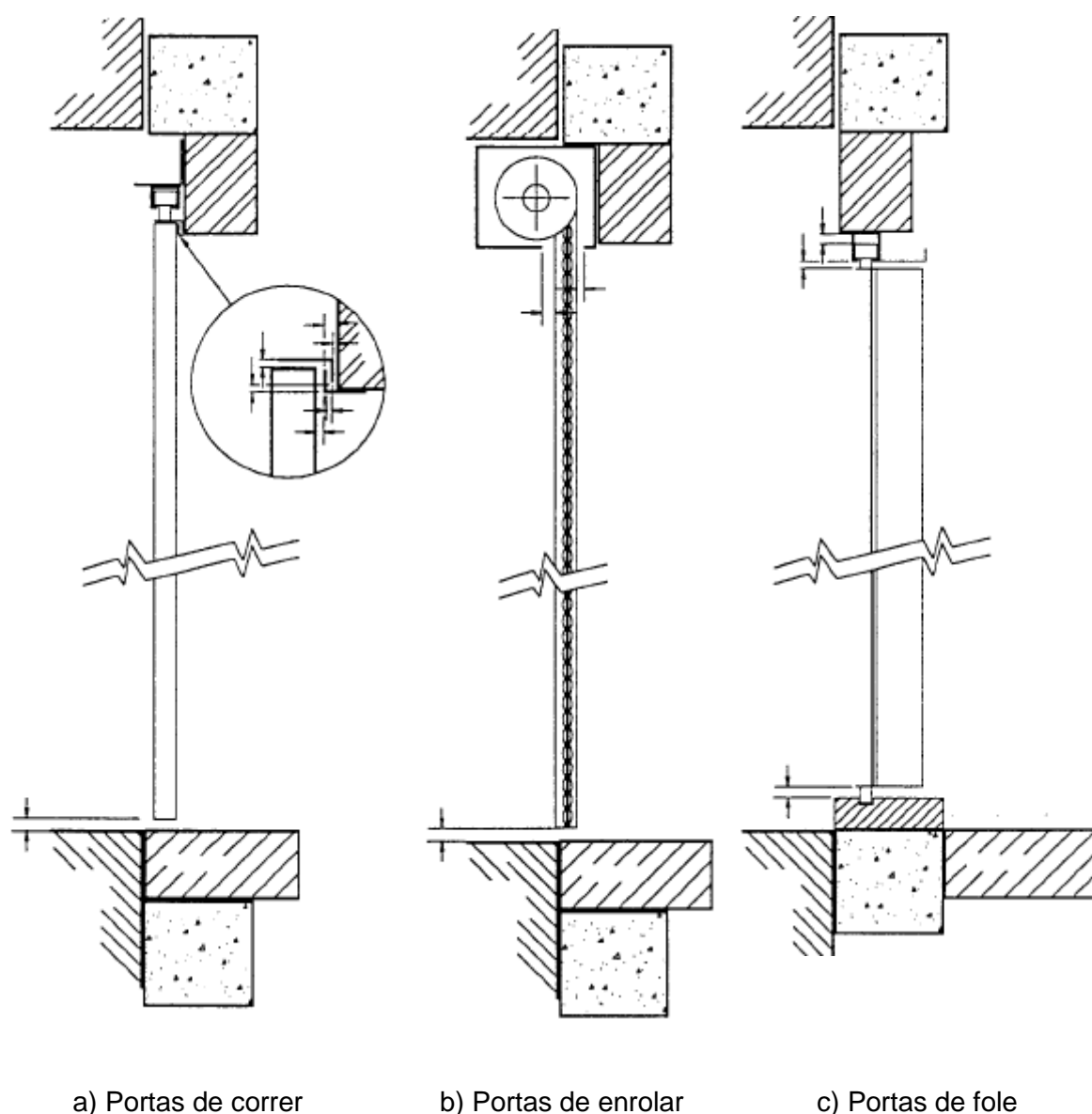


Figura 2.13 Exemplos de medição de aberturas, secções verticais. [2]

2.2.9.3. Acondicionamento

O acondicionamento da amostra de ensaio com teor de água deve ser efectuado segundo o estabelecido na EN 1363-1. Os requisitos necessários para o período de tempo mínimo de acondicionamento da obra de suporte são apresentados no anexo A da EN 1634-1.

O acondicionamento mecânico da amostra antes do ensaio ao fogo é dado pela norma do produto, como por exemplo um ensaio operacional, ciclos de abertura e fecho da porta ou elemento de fecho. Os requisitos de durabilidade são especificados na norma aplicável ao produto.

2.2.9.4. Utilização da instrumentação

➡ **Termopares do forno**

Quanto à utilização da instrumentação a norma menciona que deve estar de acordo com o disposto na EN 1363-1, salvaguardando os seguintes aspectos:

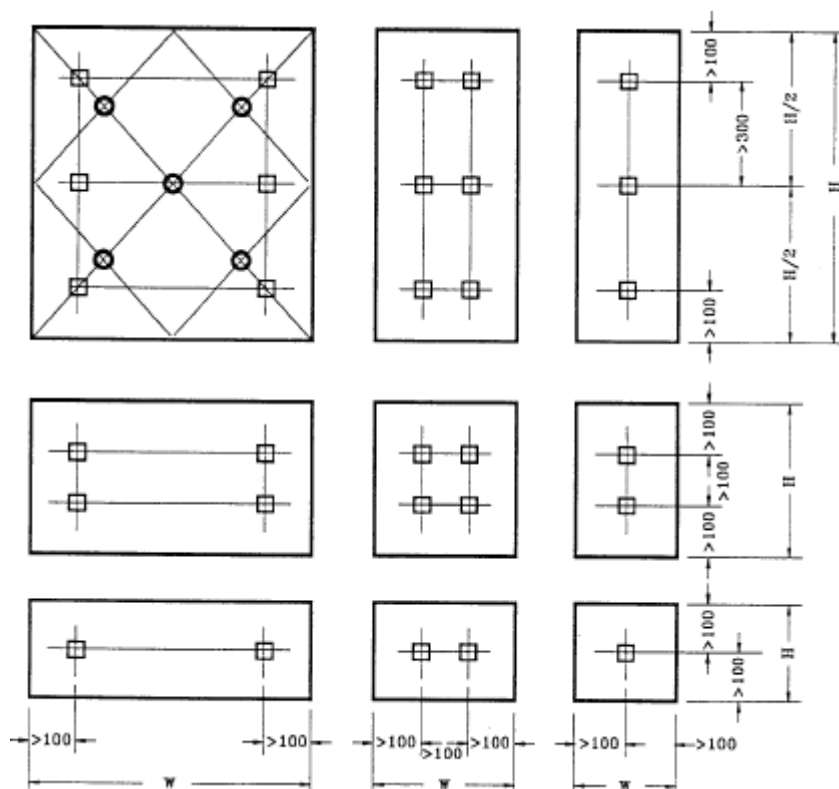
Os termopares do forno devem apresentar uma disposição no plano vertical que garanta uma distância mínima de 100 mm relativamente ao plano da amostra, assim como, a existência de pelo menos um termopar por cada 1,5 m² de área exposta da amostra, num mínimo de quatro termopares.

➡ **Termopares exteriores**

Os termopares exteriores são apenas usados quando se pretende avaliar o critério de isolamento, são fixados na face não exposta e avaliam a temperaturas médias e máximas do espécime. Deve aplicar-se os princípios gerais para a fixação e exclusão dos termopares que se encontram na EN 1363-1.

A temperatura na obra de suporte não deve ser tida em consideração, portanto não necessita de termopares nessa zona. Não se deve colocar termopares a menos de 50 mm de qualquer ferragem.

Na figura seguinte apresenta-se um dos exemplos da EN 1634-1 para a distribuição dos termopares na face não exposta da amostra.



○ Termopares para o aumento da temperatura média

■ Termopares para o aumento da temperatura máxima

W – largura do painel

H – altura do painel

Figura 2.14 Exemplo da distribuição dos termopares na face não exposta em áreas discretas. [2]

► Temperatura média

Deve utilizar-se cinco termopares, tanto em portas de uma folha como de duas, um coloca-se no centro de uma folha e cada um dos outros no centro de cada quarto da superfície da porta. Estes termopares não se podem situar a menos de 50mm de qualquer junta ou ponte térmica nem a menos de 100 mm da extremidade da folha da porta.

Para conjuntos de portas ou sistemas de fecho que contenham áreas discretas superiores ou iguais a $0,1 \text{ m}^2$ (por exemplo, painéis embutidos, transversais, laterais ou envidraçados, incorporados na folha da porta) devem ser distribuídos termopares adicionais na superfície total dessas áreas, com um termopar por metro quadrado, num mínimo de dois termopares. Deve ser determinado o isolamento médio de cada área discreta. Quando a superfície total dessa mesma área do conjunto da porta, ou do

sistema de fecho, é inferior a $0,1\text{m}^2$, não deve ser considerada na determinação da temperatura média da face não exposta.

► Temperatura máxima

Se o conjunto da porta, ou do sistema de fecho, incorporar áreas discretas $\geq 0,1\text{ m}^2$ com isolamento térmico diferente (por exemplo, painéis embutidos, transversais, laterais ou envidraçados, incorporados na folha da porta), avaliadas separadamente em relação ao aumento da temperatura média, então a temperatura máxima da face não exposta dessas áreas deve também ser tomada separadamente. Isto pode requerer a aplicação de termopares adicionais na superfície não exposta, tal como indicado em b).

Os termopares não devem ser colocados em fechos com um diâmetro de superfície inferior a 12mm, a menos que estes se prolonguem através do conjunto da porta.

A temperatura máxima determina-se com a ajuda dos cinco termopares, anteriormente referidos para a medição da temperatura média, com o termopar móvel e termopares adicionais. O termopar móvel, assim como os termopares adicionais devem respeitar o seguinte:

a) Temperatura na guarnição da porta

Os termopares devem ser fixados nas posições indicadas:

- i) Um a meia altura de cada membro vertical.
- ii) Um a meio do comprimento da travessa da guarnição (e em qualquer travessa > 30 mm de largura, se existir), afastado, no máximo, a 100 mm na vertical do topo da folha activa no caso de porta de várias folhas;
- iii) Um na travessa da guarnição a 50 mm de cada canto do vão, em qualquer travessa da guarnição superior a 30 mm de largura.

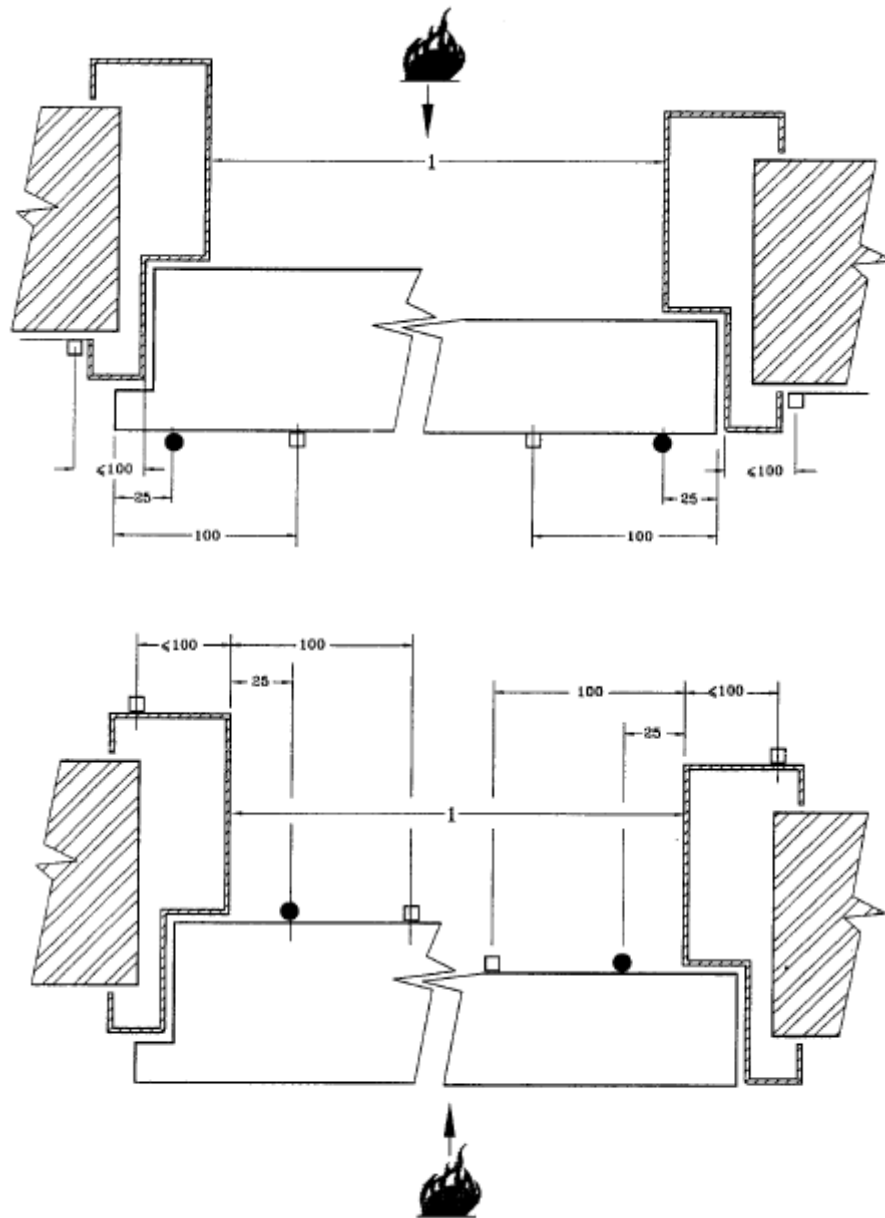
Em cada uma destas posições os termopares devem ser fixados o mais próximo possível, ou seja, com o centro do disco a 15 mm da junção entre a guarnição e a obra de suporte. Independentemente disto, a distância destes termopares à superfície interior da guarnição não deve ser superior a 100 mm. Ver a Figura 2.15.

Para portas de folha simples, se os termopares especificados em ii) e iii) ficarem a uma distância inferior a 550 mm entre eles devido à largura reduzida do vão, então é omitido o termopar especificado em ii). Ver a Figura 2.16.

b) Temperatura na folha da porta:

Os termopares devem ser fixados na face de cada folha ou sistema de fecho, da seguinte forma:

- i) a meia altura, a 100 mm das orlas verticais;
- ii) a meio da largura, 100 mm abaixo do rebordo horizontal;
- iv) a 100 mm dos rebordos verticais e 100 mm abaixo do rebordo horizontal.

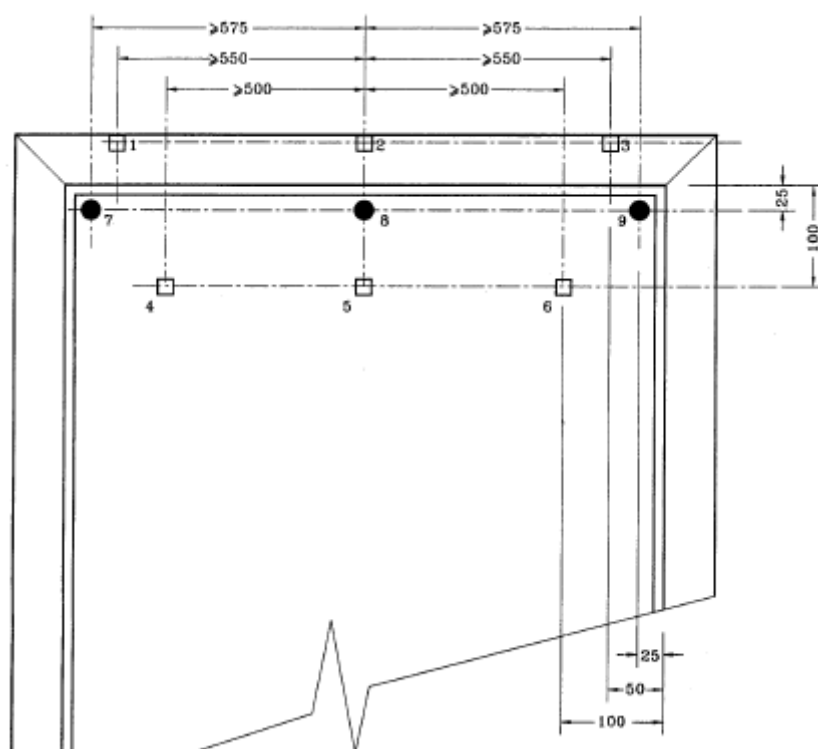


☐ Termopares para a temperatura máxima

● Termopares adicionais para a temperatura máxima (procedimento suplementar)

1 Abertura desobstruída

Figura 2.15 Exemplo da localização dos termopares na face não exposta na periferia das portas articuladas e giratórias (detalhado).[2]



- Termopares para o aumento da temperatura máxima
- Termopares adicionais para o aumento da temperatura máxima (procedimento suplementar) dos números 7 ao 9

Termopares sempre requeridos, números 1, 3, 4, 6, 7 e 9

Termopares não requeridos se as dimensões forem menores que as indicadas no diagrama acima, números 2, 5 e 8

Figura 2.16 Redução em número dos termopares da face não exposta de acordo com a largura da folha. [2]

➔ Pressão

O medidor de pressão deve ser instalado de acordo com a EN 1363-1.

➔ Equipamento para a medição da deformação

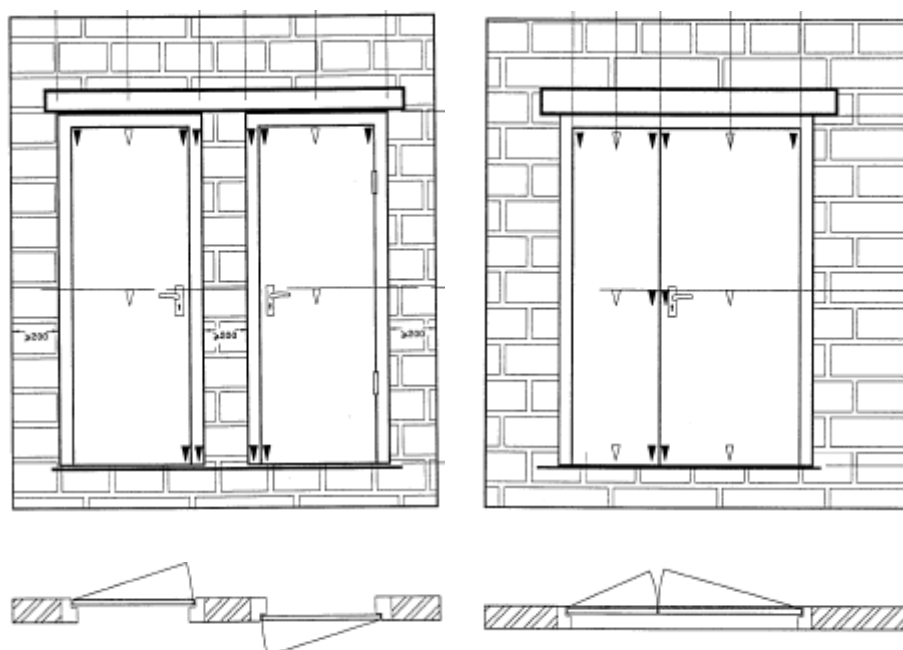
O laboratório deve dispor de instrumentação adequada para avaliar as deformações significativas (maiores de 3 mm) sucedidas na amostra no decorrer do ensaio. As zonas da amostra onde se verificam deformações significativas são:

- ♦ Na porta em relação à guarnição;
- ♦ No guarnição em relação à obra de suporte;

- ♦ Na obra de suporte.

A medição começa em relação a um ponto fixo. Deve-se escolher um intervalo para a medição de forma a obter dados capazes de mostrar a evolução da deformação da amostra ao longo do ensaio.

Nota: a medição da deformação é um requisito obrigatório embora não existam critérios de valorização associados. A informação sobre a deformação entre os elementos da amostra e a obra de suporte assim como da própria obra de suporte pode ser um dado importante para determinar o campo de aplicação directa dos resultados do ensaio. A Figura 2.17 apresenta posições recomendáveis para a medição da deformação.



- ▽▽ Posição sugerida para medição da deformação
 ▽ Posição esperada de maior movimento

Figura 2.17 Posições sugeridas para medição de deformações, conjuntos de portas de folha simples e dupla. [2]

➔ **Radiação**

Se se medir a radiação, o radiómetro a usar deve ser utilizado de acordo com o descrito na EN 1363-2.

2.2.9.5. Procedimento de ensaio

➡ Medições, exame e preparação antes do ensaio

Antes da realização do ensaio deve proceder-se às seguintes operações, pela ordem apresentada:

- ♦ Acondicionamento mecânico, por exemplo, ciclos de abertura e fecho;
- ♦ Medição de folgas;
- ♦ Medição da força da retenção quando um mecanismo de fecho proporciona resistência ao fogo através da retenção da amostra;
- ♦ Configuração final.

▶ Medição de folgas

A distância entre os componentes móveis e fixos do conjunto da porta, por exemplo entre a porta e a guarnição devem ser efectuadas no mínimo três medidas em cada lado. As medições para determinar as aberturas devem ser realizadas a uma distância não superior a 750 mm e devem ter uma exactidão que não exceda os 0,5 mm. As aberturas inacessíveis devem ser medidas indirectamente.

▶ Medição da força de retenção

As forças de retenção devem ser medidas em todos os conjuntos de porta que incorporem dispositivos de fecho e que podem abrir sem ajuda mecânica. Estas medições são necessárias para estabelecer o valor da força usada para manter a porta fechada, garantindo que a força aplicada é a usada na prática.

Para cada folha da porta, a força de retenção deve ser determinada de acordo com o que se segue. Para portas de acção dupla, a medição da força de retenção deve ser efectuada nos dois sentidos.

As forças de retenção para os conjuntos de porta que incorporam dispositivos de fecho operados por pessoal sem auxílio mecânico devem ser medidas da seguinte forma:

Abrir a porta a ensaiar lentamente, usando um dinamómetro unido ao punho e puxando no sentido contrário à sua posição de fecho, a uma distância de 100mm afastado dessa posição. Gravar a leitura mais elevada entre a sua posição fechada e os 100mm.

► Ajuste final

Antes do ensaio, a porta é sujeita a uma operação final que consiste em abri-la até uma distância de 300mm e voltar a fecha-la. No caso de possuir dispositivo de fecho deve efectuar-se automaticamente. Porém, se o conjunto não possui o dispositivo de fecho ou se este não pode ser usado no forno então deve ser feito manualmente.

As portas podem ser fechadas antes do ensaio ao fogo, mas não devem ser trancadas, a menos que a porta só possa ser mantida na posição fechada, durante o seu uso normal, utilizando a fechadura (se não existir qualquer trinco ou mecanismo de fecho que mantenha a porta na posição de fechada). Esta condição só se aplica em portas que estão normalmente trancadas. Não deve ser deixada qualquer chave na fechadura.

➔ Ensaio ao fogo

O ensaio deve ser realizado usando o equipamento e os procedimentos descritos na EN 1363-1 e se necessário na EN 1363-2

► Estanquidade a chamas e gases quentes

Quando se avalia a estanquidade a chamas e gases quentes o calibre de abertura de 6mm não se deve utilizar na soleira do conjunto da porta ou do sistema de fecho.

► Isolamento

Ao avaliar o isolamento, o termopar móvel só pode ser utilizado nas zonas onde é permitido o uso dos termopares fixos.

► Radiação

Na EN 1363-2 apresenta os detalhes sobre como medir a radiação.

2.2.9.6. Critérios de comportamento

➔ Estanquidade

A estanquidade a chamas e gases quentes segue as especificações da EN 1363-2.

➔ Isolamento

Para conjuntos de portas ou outros sistemas de fecho que incorporam áreas com isolamento térmico diferente, deve avaliar-se o critério de isolamento de cada uma individualmente.

► Avaliação da temperatura média

O espécime deve ser avaliado em relação ao aumento da temperatura média segundo o especificado na EN 1363-1. A sua conformidade deve ser verificada segundo os requisitos para a temperatura média que se encontram no subcapítulo sobre a utilização da instrumentação.

► Avaliação da temperatura máxima

O espécime deve ser avaliado em relação ao aumento da temperatura máxima segundo o especificado na EN 1363-1, cujo limite para a ascensão da temperatura é os 180°C, porém na guarnição do conjunto da porta ou do obturador o limite é de 360°C. A sua conformidade deve ser verificada segundo o apresentado no subcapítulo (2.2.9.4) sobre a utilização da instrumentação. Relativamente ao termopar móvel este não pode ser usado nas zonas onde não se permite a aplicação de termopares fixos.

► Avaliação da temperatura máxima – procedimento suplementar

O espécime deve ser avaliado em relação ao aumento da temperatura máxima segundo o especificado na EN 1363-1. A conformidade deve ser avaliada através dos registos das temperaturas dos termopares especificados na EN 1634-1.

➔ **Radiação**

Os detalhes dos critérios exigidos para a radiação encontram-se na EN 1363.

2.2.10. EN 13501-2 - *Classificação segundo os ensaios de resistência ao fogo excluindo as instalações de ventilação*

O objectivo desta norma europeia é definir um procedimento harmonizado para a classificação da resistência ao fogo dos produtos de construção.

Esta norma apoia o segundo requisito essencial da directiva dos produtos de Construção (89/106/CEE) da CE cujos detalhes se encontram no documento interpretativo número 2 (ID2): Segurança em caso de incêndio (JO C62 Vol 37). Reflecte a decisão da Comissão de 3 de Maio de 2000 sobre a implantação da directiva do Conselho 89/106/CEE relativo à classificação dos produtos de construção, das obras e parte destas, segundo a sua resistência ao fogo. [3]

O documento interpretativo e a Decisão da Comissão de 2 de Maio de 2000 especificam o comportamento e as classes de resistência ao fogo. Estas classes são identificadas por letras que se referem a uma característica importante do comportamento de resistência ao fogo, seguido de um número que corresponde ao tempo de resistência ao fogo.

Esta norma facilita o entendimento comum destes requisitos, interpreta os requisitos funcionais para os distintos grupos de elementos construtivos e explica o método para obter a sua classificação em função dos resultados do ensaio dos elementos individuais.

2.2.10.1. Cenários de incêndio

O segundo requisito essencial da Directiva dos Produtos da Construção trata da propagação do fogo e do fumo e da capacidade resistente das obras de construção. Considera-se que cumprem estes requisitos se se demonstrar a resistência ao fogo dos elementos de suporte de cargas e de compartimentação. [3]

A resistência destes elementos deve ser avaliada aplicando um ou vários níveis de acção térmica descritos seguidamente.

➔ Curva ISO 834 (fogo posterior à ignição súbita generalizada ou “post flashover”)

Durante o crescimento de incêndio, a camada de gases proveniente deste acumula-se junto ao tecto do compartimento, irradiando calor para os restantes materiais presentes. Quando se atinge a temperatura de ignição destes materiais, ocorre o flashover, ficando toda a área envolvida pelas chamas.

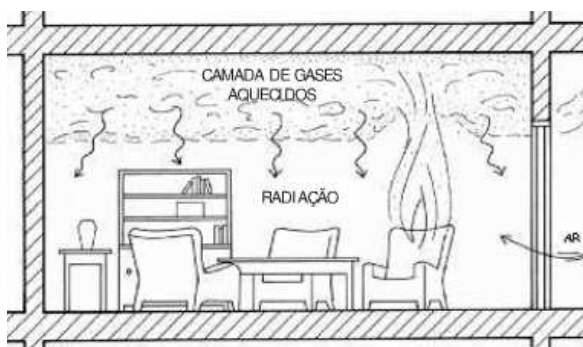


Figura 2.18 Fase de crescimento de um incêndio. [16]

Numa curva típica de incêndio é possível identificar as suas diferentes fases. Pode observar-se na Figura 2.19 que o flashover antecede o desenvolvimento pleno de um incêndio.

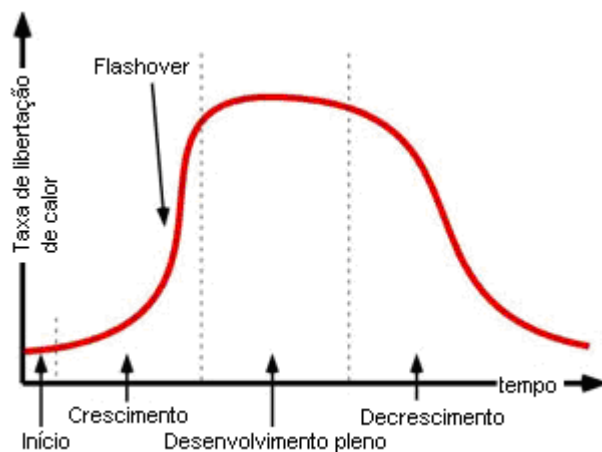


Figura 2.19 Curva típica de um incêndio. [17]

Como base para o ensaio deve aplicar-se a relação normalizada tempo/temperatura durante todo o tempo do ensaio. Esta relação corresponde a um modelo de incêndio plenamente desenvolvido num compartimento, e é definido pela seguinte fórmula:

A curva de incêndio padrão ISO 834 pode ser visualizada na Figura 2.20.

$$T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20 \quad (2.8.)$$

Onde

t é o tempo decorrido durante o ensaio, em minutos;

T é a temperatura média do forno, em °C.

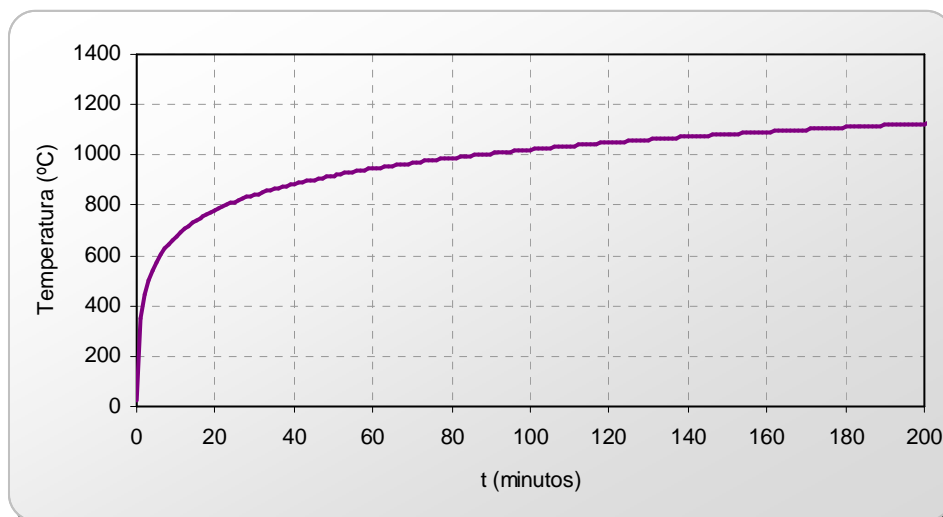


Figura 2.20 Curva de incêndio padrão ISO 834.

A EN 1363-1 apresenta detalhes adicionais para a aplicação prática desta curva, assim como as tolerâncias.

➔ Curva de aquecimento lento (fogo latente)

O ensaio perante um fogo latente só deve ser efectuado quando se preveja que a resistência ao fogo do elemento pode ser reduzida a uma temperatura de exposição associada com a taxa de crescimento do incêndio. Portanto, esta é especialmente aplicável aos elementos cujo comportamento pode depender de comercializar as suas classificações, uma alta taxa de aquecimento até aproximadamente 500 ° C, como aconteceu com a curva padrão tempo / temperatura, ou seja, principalmente para os produtos reactivos ou intumescentes.

A curva do aquecimento lento pode ser visualizada na Figura 2.21 e a equação que a define é a seguinte:

$$\text{Para } 0 < t \leq 21: \quad T = 154 t^{0,25} + 20 \quad (2.9.)$$

$$\text{Para } t > 21: \quad T = 345 \log_{10} [8(t - 20) + 1] + 20 \quad (2.10.)$$

Onde

t é o tempo decorrido durante o ensaio, em minutos;

T é a temperatura média do forno, em °C.

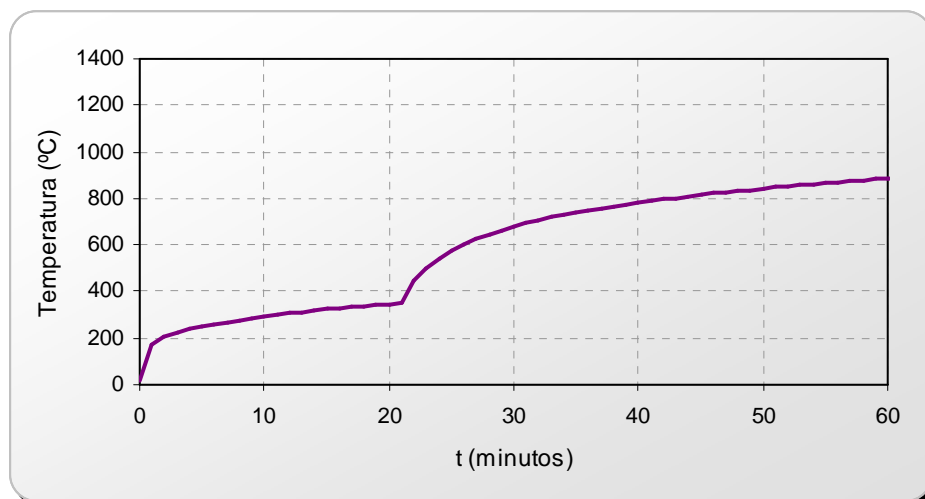


Figura 2.21 Curva de aquecimento lento.

A EN 1363-1 apresenta detalhes adicionais para a aplicação prática desta curva, assim como as tolerâncias.

➡ Fogo “semi-natural”

Durante o ensaio com fogo semi-natural a temperatura dos gases do incêndio em contacto com a face inferior do tecto deve alcançar os 1000°C durante um período de tempo compreendido entre 10 minutos e 20 minutos a partir do início do ensaio.

Devido às dificuldades para alcançar a acção térmica necessária num forno convencional, deve aplicar-se barrotes de madeira.

➡ Curva de exposição a um fogo exterior

Esta é uma relação tempo / temperatura que representa a exposição da superfície exterior de uma parede a um incêndio que pode passar por uma janela de um prédio, ou mesmo algum fogo exterior de combustão livre. A curva é dada por:

$$T = 660(1 - 0,687 e^{-0,32t} - 0,313 e^{-3,8t}) + 20 \quad (2.11.)$$

Onde

t é o tempo decorrido durante o ensaio, em minutos;

T é a temperatura média do forno, em °C.

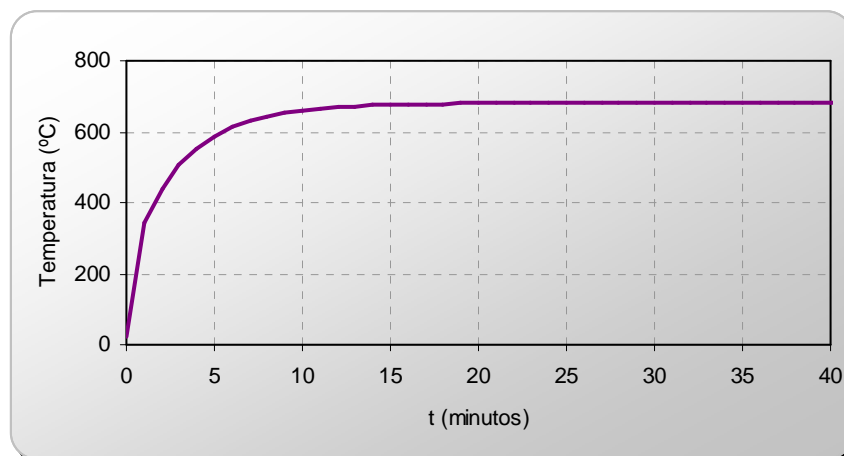


Figura 2.22 Curva de exposição a um fogo exterior.

A EN 1363-2 apresenta detalhes adicionais para a aplicação prática desta curva, assim como as tolerâncias.

➔ Acção térmica a temperatura constante

Além dos sistemas de aquecimento já indicados, alguns elementos de avaliação devem ser realizados utilizando um valor teórico de temperatura constante. A temperatura depende do tipo de item específico e à velocidade a que deve ser atingida, conforme o especificado na norma pertinente de ensaio.

Para os seguintes elementos devem usar-se as temperaturas indicadas:

- 20°C Para avaliar a estanquidade das portas para controlo de fumo a temperatura ambiente.
- 200°C Para avaliar a estanquidade das portas para controlo de fumo a temperatura média.
- 500°C Para avaliar o comportamento de pisos face ao fogo
- 1000°C Para avaliar a resistência ao fogo da fuligem das chaminés e produtos associados.

2.2.10.2. Comportamento de resistência ao fogo

Para classificar os elementos de construção utilizam-se as seguintes letras de acordo com o seu significado, ver Tabela 2.8.

Tabela 2.8. Características de resistência ao fogo.

Parâmetros adicionais	R	Estabilidade.
	E	Estanquidade a chamas e gases quentes
	I	Isolamento
	W	Radiação
	M	Acção mecânica
	C	Fecho automático
	S	Estanquidade ao fumo
	G	Resistência ao fogo de fuligem
	K	Capacidade de protecção contra incêndios

O conteúdo das três primeiras características já foi explicado neste capítulo. Porém, relativamente ao Isolamento, I, falta acrescentar uns pormenores mencionados nesta norma (EN 13501-2). Quando se avalia o critério de isolamento em portas deve ser usada uma das seguintes opções:

- Para se obter a classificação de I_1 , os seguintes requisitos devem ser cumpridos:
A elevação da temperatura média na face não exposta da porta deve ser limitada a 140°C e a temperatura máxima em qualquer ponto da porta limitada a 180°C. Não se deve ter em conta medições da temperatura em pontos situados a menos de 25mm do limite visível da porta. Na guarnição da porta a temperatura está limitada a 180°C, esta deve ser medida em qualquer ponto situado na face não exposta e pelo menos a 100mm do limite visível da porta, se a guarnição for mais larga do que 100mm. Caso contrário, na orla caixilharia ou na obra de suporte.
- Para se obter a classificação de I_2 , os seguintes requisitos devem ser cumpridos:
As temperaturas, média e máxima medidas na porta possuem os mesmos limites acima descritos. A única diferença é o limite de 360°C na caixilharia, medida nos mesmos locais citados para o I_1 . [3]

Esta classificação do isolamento com o sufixo **1** e **2** apenas se usa quando se trata de portas e elementos de fecho.

Em seguida, só se faz uma breve descrição das restantes características:

- A radiação, W , é a capacidade de um elemento de construção resistir à exposição ao fogo numa face, reduzindo a possibilidade de transmissão de fogo da face não exposta aos materiais adjacentes. Um elemento que cumpra os critérios de isolamento (I , I_1 e I_2) também se considera que cumpre o critério W para o mesmo período de tempo.
- A acção mecânica, M , é a capacidade de suportar impactos, representa uma falha estrutural ou um impacto sobre o elemento durante o incêndio.

- O fecho automático, *C*, é a capacidade de uma porta fechar automaticamente. Aplica-se a elementos accionados automaticamente que normalmente estão abertos e que em caso de incêndio devem estar fechados. O fecho automático deve funcionar em todos os casos, sem o funcionamento da energia primária.
- Estanquidade ao fumo, *S*, é a capacidade de um elemento reduzir ou eliminar a passagem de gases ou fumo.
- Resistência ao fogo de fuligem, *G*, é a capacidade das chaminés e produtos associados resistirem ao fogo de fuligem. Inclui aspectos de isolamento térmico e de estanquidade.
- Por fim, a capacidade de protecção contra incêndios, *K*, é a protecção que um revestimento de parede ou tecto oferece frente a uma situação de incêndio.

Parte da classificação do comportamento de resistência ao fogo é dada através da combinação destas letras. Porém, esta deve ser complementada pelo tempo durante o qual se cumprem os requisitos de comportamento, expresso em minutos e conforme a classe imediatamente inferior ao tempo obtido no ensaio. Os períodos de classificação a usar para qualquer uma das características encontra-se na Tabela 2.9. Atenção que nem todos os períodos de tempo apresentados se aplicam a todos os elementos ensaiados, ver Tabela 2.12.

O período de classificação para qualquer uma das características deve aparecer em minutos, usando um dos seguintes períodos:

Tabela 2.9. Períodos de tempo usados na classificação de resistência ao fogo. [3]

Tempo em minutos										
10	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360

Geralmente as classes devem ser expressas da seguinte forma:

Tabela 2.10. Classificação geral. [3]

REItt:	tt é o período de tempo durante o qual todos os critérios capacidade resistente, estanquidade e isolamento são cumpridos.
REtt:	tt é o período de tempo durante o qual os critérios capacidade resistente, estanquidade são cumpridos.
Rtt:	tt é o período de tempo durante o qual se cumpre o critério da capacidade resistente.

Tabela 2.11. Classificação para elementos de compartimentação: [3]

Eltt:	tt é o período de tempo durante o qual se cumprem os critérios de estanquidade e isolamento.
Ett:	tt é o período de tempo durante o qual se cumpre o critérios de estanquidade.

Os resultados de ensaio devem ser arredondados por defeito, para a classe inferior mais próxima do resultado obtido. Quando se combinam características, o tempo declarado deve ser da característica que possui o tempo mais curto. Por exemplo, um elemento construtivo que apresenta uma capacidade resistente de 155min, uma estanquidade de 80min e um isolamento de 42min, então deve classificar assim: R 120 / RE 60 / EI 30. [3]

A EN 13501-2 refere que para elementos diferentes só se deve usar a combinação de letras e os tempos referidos no procedimento de classificação de resistência ao fogo. Nesta parte são indicados diversos elementos de construção e para cada um deles a designação que se lhes pode aplicar consoante os resultados obtidos do seu ensaio.

No caso, do ensaio descrito no capítulo 4, a amostra de ensaio é um elemento de fecho então insere-se no grupo de portas e elementos de fecho resistentes ao fogo incluindo os seus dispositivos de fecho. Então a classificação possível para estes é apresentada na Tabela 2.12.

Tabela 2.12. Classes para a classificação de resistência ao fogo de portas e elementos de fecho. [3]

	Tempo em minutos								
	15	20	30	45	60	90	120	180	240
E	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI1	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EI2	15	20	30	45	60	90	120	180	240
EW		20	30		60				

Para encerrar este capítulo é de salientar que a descrição das normas de ensaios de resistência ao fogo não abrange a sua totalidade. Optou-se realmente por focar a maior parte dos requisitos da EN 1363-1, por esta indicar os requisitos gerais que servem de base a todos os ensaios, enquanto que na EN 1634-1 e na EN 13501-2 se abordaram os aspectos estudados e aplicados em prática nos ensaios realizados no LERF.

3. LABORATÓRIO DE RESISTÊNCIA AO FOGO

O presente capítulo apresenta inicialmente uma descrição do LERF, onde se refere a sua importância e as principais actividades desenvolvidas. Seguidamente, é abordado o âmbito da EGOLF, os seus objectivos e a admissão de novos membros no seu seio, bem como, o papel que esta possui no sector da marcação CE. Assim como a marcação CE permite a livre circulação dos produtos no mercado único europeu, a notificação e a acreditação facultam a aceitação dos relatórios de ensaios entre os membros da EGOLF. Dada a importância destas duas competências atribuídas a um laboratório, este assunto é tratado com algum pormenor na última parte deste capítulo.

3.1. LERF

O Laboratório de Estruturas e Resistência ao Fogo (LERF), instalado na Universidade de Aveiro, possui um espaço com 200m² e está dotado de um forno vertical com uma dimensão no plano vertical de (3,1×3,1)m², capaz de definir resistência ao fogo de elementos e produtos de construção de acordo com a regulamentação Europeia. Pode submeter-se ao aquecimento padronizado elementos de compartimentação verticais numa só face.

As principais actividades desenvolvidas no LERF, algumas das quais ainda a implementar, são a certificação de produtos de construção; apoio ao desenvolvimento de produtos; apoio às entidades licenciadoras e de fiscalização; realização de ensaios de aferição e pareceres técnicos sobre a resistência ao fogo de elementos de construção; orientação no domínio da legislação de segurança contra incêndio; investigação experimental e numérica; utilização de modelos de cálculo avançados; avaliação e reabilitação de estruturas danificadas por incêndio; desenvolvimento de software e treino de técnicos.

Para além da investigação experimental no domínio da Resistência ao Fogo este Laboratório, único no país, pode servir a Indústria Nacional, permitindo determinar a resistência ao fogo de acordo com as funções desempenhadas pelos elementos de construção, nomeadamente, suporte de cargas (critério R), estanquidade a chamas e gases quentes (critério E) ou isolamento térmico (critério I).

Com o desenvolvimento deste projecto a Universidade de Aveiro interage com a indústria dando resposta às suas necessidades, as empresas deixarão de ter de se

deslocar a outros países da Europa para certificar os seus produtos ao nível da Resistência ao Fogo

3.2. EGOLF

EGOLF, European Group of Organizations for Fire Testing, é uma associação que pretende divulgar informação no sentido de harmonizar os testes relativos à segurança contra incêndio realizados na Europa. Foi fundada em 1988 e a sede localiza-se em Ottergemsesteenwege 711, Gent, Bélgica. Esta associação está aberta a todas as organizações independentes, oficiais, e nacionalmente reconhecidas que testem, inspecionem e certifiquem materiais, componentes e produtos de acordo com a legislação Europeia.

Os objectivos, da associação, são: ser o principal corpo representativo das organizações envolvidas no teste, na inspecção e na certificação de segurança ao fogo a nível europeu; realçar a capacidade, a qualidade e a competência técnica das organizações, definindo níveis de desempenho e facilitando a sua melhoria; assegurar que a organização e os seus membros sirvam as necessidades do mercado livre para produtos e serviços, suportando as exigências para a segurança ao fogo na Europa. [21]

3.2.1. Membros

Actualmente, estão associados ao EGOLF cinquenta e sete laboratórios, dos quais, quarenta e sete pertencem à Comunidade Europeia e Estado Europeu de Associação Comercial livre. Os restantes pertencem à Europa Oriental.

Os referidos laboratórios de ensaios ao fogo encontram-se distribuídos pelos seguintes países: Áustria, Bielorrússia, Bélgica, Bulgária, República-Checa, Dinamarca, Estónia, Finlândia, França, Alemanha, Hungria, Israel, Itália, Letónia, Lituânia, Holanda, Noruega, Polónia, Portugal, Federação Russa, Eslováquia, Eslovénia, Espanha, Suécia, Suíça, Reino Unido. Para se ter uma noção da dimensão do EGOLF pode ver-se na Figura 3.1 a extensão abrangida por esta associação em 2005.



Figura 3.1. Representação esquemática da localização dos laboratórios de ensaio ao fogo associados ao EGOLF. [24]

Os membros do EGOLF fornecem principalmente testes, avaliações, certificações e serviços de pesquisa na reacção ao fogo e resistência ao fogo de edifícios, estruturas, entre outros tipos de produtos. Estes assumem um papel determinante nas actividades do CEN, European Committee for Standardisation, em relação à segurança ao fogo dos materiais e das construções. A pedra angular dos membros da EGOLF é a qualidade. Todos os laboratórios devem ser acreditados pela ISO/IEC 17025. [22]

Na Tabela 3.1 pode visualizar-se alguns dos laboratórios membros do EGOLF, pertencentes à Europa e que executam ensaios de resistência ao fogo, entre outras actividades.

Em Portugal existe apenas um laboratório membro desta associação, o LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil através do seu laboratório de reacção ao fogo. Ambiciona-se que o Laboratório de Resistência ao Fogo da Universidade de Aveiro venha a fazer parte deste grupo.

Tabela 3.1. Alguns membros actuais do EGOLF pertencentes à Europa e cuja perícia incide na resistência ao fogo. [23]

Países	Instituição	Localização (Cidade)	Actividade	Perícia
Áustria	IBS - Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsfor	Linz	Realização de testes e inspecção	Reacção e Resistência ao Fogo
	MA 39 - VFA der Stadt Wien	Wien	Realização de testes	Reacção e Resistência ao Fogo
Bélgica	ISSEP -	Liège	Realização de testes	Reacção ao Fogo
	Universidade de Liège	Liège	Realização de testes	Resistência ao Fogo
	warringtonfiregent	Gent	Realização de testes	Reacção e Resistência ao Fogo
França	CSTB	Marne-la-Vallee CEDEX 2	Realização de testes e certificações	Reacção e resistência ao fogo Protecção activa e controlo de fumos
	Efectis france (was CTICM)	Maizières--lès-Metz	Realização de testes e inspecções	Resistência ao fogo e controlo de fumos
	LNE	Trappes	Realização de testes	Reacção ao fogo
Hungria	EMI	Budapeste	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e Resistência ao fogo e protecção activa
Alemanha	BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung	Berlim	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo
	DIBt - Deutsches Institut für Bautechnik	Berlim	-----	Reacção e resistência ao fogo Controlo de fumos
	MPA Braunschweig	Braunschweig	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo e controlo de fumos
	MPA NRW	Erwitte	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo e controlo de fumos
	TU München (A)	Bavaria	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo
	TU München (B)	Dachau	Realização de testes, inspecções e certificações	Resistência ao fogo e controlo de fumos
Portugal	LNEC	Lisboa	Realização de testes	Reacção ao fogo
Espanha	AFITI	Madrid	Realização de testes	Reacção e resistência ao fogo, protecção activa e controlo de fumos
	AFITI	Toledo	Realização de testes	Reacção e resistência ao fogo, protecção activa
	Applus - LGAI	Barcelona	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo e detecção de fogo
	Gaiker	Bizkaia	Realização de testes	Reacção ao fogo
Reino Unido	Bodycote Warringtonfire	Warrington	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo supressão de fogo
	Chiltern International Fire	Hughenden Valley	Realização de testes, inspecções e certificações	Reacção e resistência ao fogo
	FRS (BRE)	Watford	Realização de testes	Reacção e resistência ao fogo
	FRS (BRE)	Watford	Realização de testes	Reacção e Resistência ao fogo

3.2.2. Constituição da EGOLF

A EGOLF é constituída pelo plenário, executivo e pelo comité técnico. O plenário está disponível a todos os membros da Associação, onde se discute e decide questões processuais, juntamente com questões submetidas pelo comité técnico (TC1 – reacção ao fogo, TC2 – resistência ao fogo e TC4 – acreditação, inspecção e certificação). O executivo é presidido pelo presidente e é composto por mais três pessoas eleitas. Por fim, o comité técnico é estabelecido pelo plenário e está aberto a todos os membros.

Existe ainda, o secretário-geral que realiza a gestão e a administração de EGOLF e deve manter informado o executivo. [6]

Os membros do EGOLF encontram-se a cada seis meses com o intuito de discutir os assuntos relativos aos comités técnicos. As principais actividades dos comités são:

- ♦ Assegurar um entendimento e utilização comum dos métodos de ensaios ao fogo Europeu;
- ♦ Organização de petições;
- ♦ Analisar pontos de vista sobre a incerteza de medição;
- ♦ Interpretar a EN ISO/IEC 17025 para laboratórios de fogo;
- ♦ Workshops e reuniões adicionais são efectuadas de acordo com a necessidade, por exemplo, medição de incerteza, engenharia de segurança ao fogo, discussões pormenorizadas sobre os métodos de teste específico.

O EGOLF trabalha em conjunto com outros organismos chave no seio da Europa, por exemplo, com um grupo de peritos sobre fogo, CEN (Comité Europeu de Normalização), EOTA (Organização Europeia de Aprovação Técnica) e grupos de indústrias. O EGOLF também fornece o secretariado para o grupo de organismos notificados – grupo de fogo, onde é discutida a certificação para a marcação CE no âmbito da DPC (Directiva dos Produtos da Construção). [23]

De acordo com as regras internas do EGOLF, na agregação a esta associação, existem duas categorias: uma delas é a agregação plena, que se destina a países que se encontrem, geograficamente, localizados na Europa; a outra é a de membros associados, para as organizações que se encontrem em países, geograficamente, fora da Europa. Um membro associado pode participar em todas as actividades da EGOLF. Salvo disposição em contrário, sempre que se usa o termo “membro” nas regras internas desta associação, refere-se tanto a membros efectivos como a membros associados.

De acordo com os estatutos do EGOLF, os membros devem:

1. Estar significativamente envolvidos em ensaios ao fogo, inspecção ou certificação de materiais, componentes ou produtos em apoio da legislação;
2. Ser um organismo da União Europeia notificado ou uma organização nacional aprovada que desenvolva o seu trabalho na área de ensaios ao fogo, inspecção ou de certificação de materiais, componentes ou produtos em apoio de legislação na Europa (para os membros associados - ser uma organização de trabalho aprovado nacionalmente em testes, inspecção e certificação de materiais, componentes ou produtos em apoio da legislação);
3. Pertencer ao grupo nacional de laboratórios de fogo, se este existir, caso contrário, deve ser aprovado por outros membros do EGOLF desse país. Se por sua vez, este não existir, uma carta oficial de patrocínio pode ser exigida.
4. Satisfazer o nível de qualidade dos equipamentos e conhecimentos específicos definidos pelo EGOLF;
5. Ser independente comercial e financeiramente, entre outras, para que não se comprometam os acórdãos técnicos do laboratório de ensaio e do seu pessoal.

3.2.3. Admissão

Para que novos membros sejam admitidos no seio desta associação é necessário:

1. Efectuar um pedido de adesão, por escrito, à EGOLF;
2. O parecer positivo para a aplicação é dado pelos membros da EGOLF existentes nesse país e sempre que haja um grupo de ligação nacional, a organização deve ser membro desse grupo. Onde não haja membros da EGOLF no país pretendente, então a aprovação deve ser feita pela autoridade nacional de aprovações daquele país.
3. Os candidatos devem satisfazer os critérios de adesão e serão aceites como membros do EGOLF em escrutínio secreto. O critério de aceitação implica que menos de 1/3 dos votos sejam negativos. Qualquer voto negativo deve ser acompanhado das razões para objecções por referência às exigências do artigo destinado à admissão de membros nos estatutos do EGOLF. [7]

O pedido de adesão é apresentado ao Secretário-Geral EGOLF juntamente com o formulário e todos os documentos comprovativos necessários. Assim que se obtenham as informações necessárias e os critérios de adesão se encontrem em conformidade um

membro júri irá visitar a organização candidata. Esta terá de financiar as despesas de deslocação e estadia incorridas pelo júri.

Nos países onde exista um membro do EGOLF o júri incluirá três pessoas, composto por uma pessoa do país membro requerente, uma pessoa que representa o Executivo e o secretário-geral. Onde não houver um membro do EGOLF, o júri deve ter pelo menos um membro EGOLF do país vizinho que se encontre familiarizado com o idioma e a situação local.

O júri apresenta um relatório e faz uma recomendação ao Executivo para aceitação da candidatura, a sua decisão é, então, comunicada aos membros para o escrutínio. [7]

3.2.4. Formação exigida

Todos os membros do EGOLF são obrigados a possuir sistemas internos de qualidade para assegurar que o seu pessoal recebe uma formação adequada a realizar ensaios ao fogo. Existem dois aspectos:

- Formação inicial para pessoal estagiário com métodos de ensaio existentes ou para pessoal existente com novos métodos de ensaio;
- Formação organizada pelo EGOLF para garantir a harmonização do modo como esses ensaios são assumidos pelos seus membros.

A formação inicial é uma questão para cada membro organizar internamente. Alguns membros organizam cursos de treino sobre os métodos de ensaio específico, como um exercício comercial privado, os outros membros podem utilizá-los como pretenderem. O EGOLF não se envolve com estas actividades. [6]

No âmbito da política de qualidade do EGOLF todos os laboratórios-membro se comprometem a enviar pelo menos um membro do seu pessoal para um curso de harmonização do EGOLF para os métodos de ensaio pertinentes. Cursos actuais são executados para: reacção ao fogo (EN 1182 Non combustibility, EN 1716 Heat of combustion, EN 11925-2 Ignitability, EN 13823 Single burning item e EN 9239-1 Radiant panel floorings test) e resistência ao fogo (EN 1363-1).

O programa de formação de harmonização de EGOLF foi estabelecido para:

- Assegurar a harmonização dos ensaios e técnicas por todos os laboratórios EGOLF;
- Constituir um meio de contínuo desenvolvimento profissional do pessoal do laboratório EGOLF. [6]

3.2.5. Logótipo

Relativamente ao logótipo do EGOLF este pode ser usado pelos membros:

- ♦ Para demonstrar a sua adesão à organização, por exemplo, em brochuras de empresa e Web sites;
- ♦ No papel de carta de empresa para indicar um membro da organização, mas não indicar qualquer endosso do conteúdo da carta;
- ♦ Na folha de rosto de um relatório de ensaio ou de classificação para indicar a adesão à organização, mas deve ser apresentado de forma que ele não seja interpretado como tendo sido elaborado pela EGOLF;
- ♦ Devem ser utilizados na proporção indicada na regulamentação interna do EGOLF e, numa cor única (preto, branco ou azul só) acompanhado a palavra ‘membro’ [6]



Figura 3.2. Logótipo EGOLF. (não se encontra na proporção exigida). [6]

3.2.6. Aceitação mútua de relatórios

A presunção é que qualquer membro do EGOLF deve aceitar o relatório de ensaio de um outro membro do EGOLF na ausência de uma razão válida para não o aceitar.

Quando o produto ensaiado é abrangido pelo DPC e o ensaio realizado faz parte do processo de marcação CE, então o laboratório que produziu o relatório é um laboratório de ensaios notificado para aquele produto em particular. O relatório deve ser aceite pelo outro laboratório.

Se o laboratório que produziu o ensaio for acreditado de acordo com a ISO 17025, por um organismo de acreditação nacional que faz parte da EA (European Cooperation for Accreditation) ou é aprovado, então o segundo laboratório (ou organismo de certificação) deve aceitar o relatório.

Se nenhuma das anteriores situações se verifica fica ao critério do segundo laboratório aceitar ou não o relatório emitido por outro. Contudo, a EGOLF encoraja a aceitação mútua de relatório entre os seus membros.

Eventuais problemas com os relatórios, tais como omissões ou testes inadequados devem ser resolvidos entre os dois laboratórios que enviam e recebem. Um relatório só pode ser rejeitado por motivos técnicos, se o laboratório que cede não satisfaz os pedidos do laboratório que recebe. [6]

NOTA: A palavra 'aceitar' utilizada neste ponto significa reconhecer o relatório de outrem e usá-lo como se tivesse sido elaborado pelo próprio laboratório, como por exemplo, base de apoio para um produto a instalar num edifício. [6]

3.2.7. O papel do EGOLF no âmbito da marcação CE

A EGOLF foi formada em 1988 com o apoio e assistência da Comissão Europeia para prestar colaboração entre os laboratórios oficiais de ensaios ao fogo da Europa. O objectivo principal da Comissão na promoção da EGOLF era colocar os laboratórios a trabalhar em conjunto para apoiar a Directiva dos Produtos de Construção, no âmbito do qual os membros do EGOLF fornecem uma variedade de serviços para os interessados.

Muitos membros do EGOLF foram indispensáveis na elaboração destes métodos por parte do CEN (Comité de Normalização Europeu) e ainda hoje, a elaboração de normas para a aplicabilidade dos resultados dos ensaios para testar as variações dos produtos seria um fracasso sem o apoio activo dos membros do EGOLF. [5]

Como os organismos de certificação e inspecção, os membros do EGOLF atestam a conformidade ou determinam o grau em que os produtos colocados no mercado europeu, no âmbito do DPC (Directiva dos produtos de Construção), respeitam as especificações técnicas europeias. De acordo com o produto a ser considerado, isso pode envolver: a análise do sistema de controlo da qualidade do processo de fabrico, inspecção e utilização de produtos da linha de produção para testes com diversas características (não apenas ao fogo). Todos esses procedimentos permitem ao fabricante a aposição da marcação CE nos seus produtos. [5]

Para muitos membros do EGOLF, este é um longo caminho a partir das suas raízes como laboratórios puramente de fogo e isso é reflectido pela transição da EGOLF de uma organização que unicamente realiza ensaios ao fogo para uma que representa todos aqueles que testam, certificam e inspeccionam ao nível europeu. [5]

Após a compreensão da necessidade da marcação CE, surgiram alguns problemas com os procedimentos de certificação. A Comissão Europeia definiu um Grupo Sectorial de Organismos Notificados (Notified Bodies Sector Groups) para fornecer orientações

aos laboratórios notificados, organismos de inspecção e certificação no seu âmbito de trabalho. Este grupo fornece documentos para uso das partes interessadas para garantir um entendimento comum dos procedimentos de certificação. [5]

No entanto, existem algumas características que abrangem todos os produtos. O fogo é uma delas e para ajudar as partes interessadas, a Comissão criou, o Grupo Sectorial de Fogo (FSG – Fire Sector Group) que inclui laboratórios, organismos de inspecção e certificação com um forte interesse no fogo. Não surpreendentemente, a sobreposição entre o EGOLF e o FSG é considerável, e os membros reflectem essa situação, cerca de vinte membros do EGOLF frequentam também regularmente reuniões do FSG. [5]

Para facilitar trabalho e evitar duplicação de esforços, o FSG concordou em enviar os seus problemas técnicos relacionados com o ensaio ao fogo para a EGOLF, que por sua vez os discute e remete uma solução para o FSG, que as adopta, se necessário, como um dos documentos (recomendações técnicas). [5]

A EGOLF continua a desenvolver o que iniciou à 20 anos atrás: apoiar o DPC. Como a marcação CE tem vindo a desenvolver-se, da mesma forma a EGOLF e os seus membros têm evoluído. Os novos desafios apresentados pela globalização e a promoção das normas europeias e procedimentos para o resto do mundo proporcionam uma nova orientação para a EGOLF e os seus membros nos próximos anos. [5]

3.3. Notificação

Notificação é um acto pelo qual um Estado membro informa a Comissão e os restantes Estados membros que um organismo preenche os requisitos para avaliar a conformidade de acordo com uma directiva. Ou seja, significa que um laboratório está capacitado para a realização de ensaios de produto com o objectivo de permitir a aposição da marcação CE.

3.3.1.Contextualização da legislação a aplicar

O DL n.º 4/2007 faz a seguinte contextualização: “O Decreto-Lei n.º113/93, de 10 de Abril, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 89/106/CEE, do Conselho, de 21 de Dezembro de 1988, relativa aos produtos da construção, tendo em vista a aproximação, sobre esta matéria, das disposições legislativas dos Estados membros.” Este Decreto-Lei foi “alterado pelo DL n.º 139/95, de 14 de Junho, que transpõe para a

ordem jurídica interna a Directiva n.º 93/68/CE, do Conselho, de 22 de Julho, cujo objectivo é a harmonização das disposições relativas à aposição e utilização da marcação CE.” [33]

Com o intuito de actualizar o DL 113/93, de 10 de Abril tendo em conta as novas terminologias e as competências dos organismos envolvidos. Assim como clarificar a existente obrigatoriedade da aposição da marcação CE nos produtos de construções e as sanções a aplicar aquando do seu incumprimento. Foram efectuadas alterações relativamente às entidades intervenientes e atribuídas responsabilidades.

Visando a simplificação da consulta do diploma, o conteúdo da Portaria n.º 566/93, de 2 de Junho foi integrado sob a forma de anexo. Ficando desta forma revogada pelo actual DL n.º 4/2007, de 8 de Janeiro.

O DL 113/93, de 10 de Abril foi republicado integralmente em anexo do DL acima referido, devido ao número significativo de alterações realizadas. [33]

3.3.2.DL n.º 4/2007

Para que um organismo seja notificado, este tem de cumprir as condições definidas no Decreto-Lei n.º 113/93, republicado pelo Anexo V do Decreto-Lei n.º 4/2007, de 8 de Janeiro. [31]

O Decreto-Lei n.º 4/2007 de 8 de Janeiro define como organismos notificados aqueles que procedem à avaliação da conformidade, e que se encontram qualificados pelo IPQ, Instituto Português da Qualidade e acreditados pelo organismo nacional de acreditação, no âmbito do Sistema Português da Qualidade, SPQ. A ASAE é a autoridade policial tutelada pela Direcção Geral das Actividades Económicas (DGAE).

De acordo com o n.º 3 do artigo 13º do DL n.º 4/2007, o IPQ tem como obrigação certificar-se do cumprimento dos procedimentos da Directiva n.º 93/68/CEE de 22 de Julho de 1993 relativamente à notificação e qualificação, deve informar a Comissão Europeia, os Estados membros e a Direcção-Geral da Empresa, DGE, dos organismos notificados para as intervenções previstas no presente DL.

No anexo IV do presente DL é definido o seguinte: de acordo com a função exercida, os organismos notificados podem ser um organismo de certificação que tem como competência certificar a conformidade dos produtos ou o controlo da produção, um organismo de inspecção onde se requer competência e integridade para a selecção e avaliação de produtos *in situ*, por fim, um organismo notificado pode assumir o carácter de um laboratório de ensaio onde é avaliado o comportamento funcional do

produto/material. As funções anteriormente referidas podem ser assumidas por organismos distintos ou apenas por um só.

Ao organismo notificado é-lhe exigido algumas condições mínimas. Deve ser independente e imparcial em relação às pessoas relacionadas com os produtos, possuir competência técnica e integridade pessoal, subscrever um seguro de responsabilidade civil, caso não seja coberto pelo Estado. [33]

Segundo o artigo 4º do DL nº4/2007 a aposição da marcação CE é obrigatória, e é da responsabilidade do fabricante ou do seu mandatário estabelecido na União Europeia, na Turquia ou num Estado subscritor do Acordo sobre o Espaço Económico Europeu (EEE) colocar a marcação CE no seu produto.

A aposição da marcação CE (Comunidade Europeia) indica a conformidade de um produto com os requisitos estabelecidos em directivas comunitárias. Esta nova metodologia recebe a designação de 'Nova Abordagem'.

“Nova Abordagem’ é a expressão por que é conhecida a Resolução do Conselho de Ministros, de 7 de Maio de 1985, segundo a qual as directivas passam a referir os requisitos essenciais de saúde, segurança e bem-estar de pessoas e animais, de protecção do meio ambiente que os produtos devem cumprir e as formas de comprovação da conformidade com esses requisitos. Os documentos normativos (EN) definem as características técnicas dos produtos. As directivas elaboradas de acordo com esta resolução são comumente designadas por ‘Directivas Nova Abordagem’.” [30]

A Directivas Nova Abordagem dos produtos de construção é a 89/106/CEE e o organismo responsável é a DGAE. A Directiva 89/106/CEE abrange os produtos de construção a aplicar de modo permanente numa obra de engenharia civil e aos quais diga respeito uma ou mais exigências essenciais. As exigências são:

- Resistência Mecânica;
- Segurança contra Incêndio;
- Higiene, Saúde e Ambiente;
- Segurança na Utilização:
- Conforto Acústico;
- Economia de Energia e Isolamento Térmico. [29]

Os diferentes sistemas de avaliação de conformidade aprovados para as famílias de produtos, tendo em vista a marcação CE, e as funções dos diferentes órgãos são

dados na Tabela 3.2. A maior parte dos produtos com desempenho ao fogo encontram-se nos sistemas 1 ou 3.

O fabricante deve ter em conta a aplicação final do produto, seleccionando primeiramente as características essenciais. Se este necessitar de uma abordagem de um organismo notificado, então:

- Laboratório de ensaios, aplica-se o sistema 3
- Organismo de inspecção, aplica-se sistema 2 e 2+
- Organismo de certificação, aplica-se o sistema 1

Para o sistema 4 não é necessário o envolvimento de um organismo notificado, apenas a declaração de conformidade do fabricante. [32]

Tabela 3.2. Sistemas de avaliação da conformidade para a marcação CE. [32]

Sistema	Tarefas do fabricante	Tarefas do organismo notificado	Base para a marcação CE
1+	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controlo interno da produção ▪ Ensaio de amostras segundo programa prescrito 	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais ▪ Inspeção inicial do controlo interno da produção ▪ Acompanhamento permanente do controlo interno da produção ▪ Ensaio aleatório de amostras 	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do produto
1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controlo interno da produção ▪ Ensaio de amostras segundo programa prescrito 	Certificação do produto com base em: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais ▪ Inspeção inicial do controlo interno da produção ▪ Acompanhamento permanente do controlo interno da produção 	
2+	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais ▪ Controlo interno da produção ▪ (Ensaio de amostras segundo programa prescrito) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificação do controlo interno da produção com base numa inspeção inicial e no acompanhamento permanente desse controlo 	Declaração de conformidade pelo fabricante com base num certificado de conformidade do controlo interno da produção
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais ▪ Controlo interno da produção ▪ (Ensaio de amostras segundo programa prescrito) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Certificação do controlo interno da produção com base numa inspeção inicial 	
3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controlo interno da produção 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais 	Declaração de conformidade pelo fabricante
4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ensaio de tipo iniciais ▪ Controlo interno da produção 		

Em suma, a marcação CE é importante para colocar um determinado produto no mercado de um país do EEE. Ao abrigo da DPC tem-se o comprovativo do controlo de produção em fábrica, inspeção e ensaio.

3.4. Acreditação

Em Portugal, o Organismo Nacional de Acreditação (ONA) foi criado em 1986 e exercido pelo IPQ, Instituto Português da Qualidade. Em 2004 foi criado o IPAC, Instituto Português de Acreditação pelo DL 125/2004 de 31 de Maio, assumindo as funções de organismo nacional de acreditação. A acreditação consiste em reconhecer a competência técnica de entidades para desempenhar certas actividades de avaliação da conformidade, tais como, calibrações, ensaios, certificação e inspecção. [28]

O IPAC insere-se no subsistema da qualificação do Sistema Português da Qualidade (SPQ) e gere o seu sistema de acreditação com suporte na norma internacional ISO/IEC17011, bem como os guias e documentos essenciais aplicáveis. O sistema de acreditação é dirigido a qualquer entidade que cumpra os requisitos de acreditação, o IPAC age segundo um princípio equitativo e não-discriminatório. [28]

A acreditação traz vantagens não só para as entidades acreditadas, mas também para a sociedade e para o Estado. Para entidades acreditadas é uma mais-valia perante o mercado de clientes na área voluntária, enquanto que na área regulamentar esta pode ser exigida como mecanismo de acesso a certas actividades. Tal como já foi referido no ponto anterior, no que concerne a Portugal um laboratório para ser notificado tem de estar acreditado no âmbito abrangido pela notificação. [33]

A Sociedade e o Estado beneficiam de uma melhor qualidade de vida inerente à avaliação dos produtos e serviços por entidades que cumprem os requisitos de qualidade e segurança e de um melhor desempenho económico do País.

Dada a relevância da Acreditação na globalização da economia, o IPAC é membro da EA (European cooperation for Accreditation) entidade que congrega os organismos de acreditação europeus e do ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) e IAF (International Accreditation Forum) que congregam os organismos de acreditação ao nível internacional. O IPAC recorre a referenciais de acreditação internacionais para que as creditações acordadas possuam reconhecimento nessa dimensão. [33]

3.4.1. Regulamento Geral de Acreditação (DRC001)

O Regulamento Geral de Acreditação (DCR001) descreve o sistema de acreditação a aplicar. Este processo de um modo geral engloba a realização de auditorias aos candidatos, como também, às entidades acreditadas.

No caso particular da acreditação de um laboratório de ensaios, como é o LERF, a norma que possui os requisitos fundamentais a aplicar é a ISO/CEI 17025.

O IPAC gere um sistema de acreditação que abrange os domínios apresentados na Tabela 3.3. O Regulamento Geral de Acreditação não deve ser aplicado isoladamente. Para cada domínio de acreditação mencionado na Tabela 3.3 existe um Procedimento de Acreditação complementar e que deve ser aplicado conjuntamente com o anterior. Ambos devem ser consultados e cumpridos pelos candidatos e entidades acreditadas.

Tabela 3.3. Domínios de acreditação do IPAC. [11]

Domínio de Acreditação	Actividade de Avaliação da Conformidade	Procedimento de acreditação complementar
Laboratórios	Calibrações	DRC005
	Ensaios	
	Exames Clínicos/ laboratoriais	
Organismo de certificação	Certificação de Produtos	DRC006
	Certificação de Sistemas de Gestão	
	Certificação de Pessoas	
Organismo de Inspeção	Inspeção de Veículos	DRC007
	Inspeção Sectorial	
Verificadores Ambientais	Verificação Ambiental	DRC008

O processo de acreditação engloba os seguintes passos:

1. Apresentação da Candidatura;
2. Processamento da Candidatura;
3. Fase da avaliação;
4. Fase de decisão. [11]

Após a obtenção da acreditação, a entidade acreditada deve continuar a cumprir os requisitos do presente Regulamento para manter esse estatuto. O IPAC realiza avaliações periódicas para averiguar o cumprimento das condições de acreditação.

O âmbito de acreditação pode sofrer alterações durante o seu período de vigência, tais como extensões ou alterações. Estas alterações podem estar relacionadas com a revisão ou substituição de documentos normativos ou regulamentares.

Se houver uma fusão ou cisão de entidades desde que haja uma continuação do funcionamento e competência pode haver transferência da acreditação. Caso esta situação não se verifique a entidade pode ver durante um certo período de tempo a sua acreditação suspensa ou anulada. Em caso de anulação, tem de iniciar um novo pedido de acreditação.

Quando a entidade prevê ficar incapacitada a cumprir os requisitos de acreditação, pode pedir a suspensão voluntária da acreditação. Se pretender renunciar à acreditação pode solicitar a anulação voluntária.

3.4.1.1. Sanções

De acordo com o Regulamento Geral de Acreditação, quando se verifica o incumprimento dos critérios de acreditação ou do presente Regulamento e disposições por ele referenciadas, por parte de uma Entidade Acreditada, pode aplicar-se-lhe uma sanção de suspensão total ou parcial, de acordo com a gravidade e extensão dos motivos que lhe deram origem. A suspensão tem um prazo de três meses por cada incumprimento, no caso de reincidência acrescem-se iguais períodos. O período máximo que se pode aplicar é de 12 meses. Entrando em vigor a partir da data de comunicação por parte do IPAC à Entidade.

Se persiste a impossibilidade do cumprimento dos critérios e obrigações de acreditação, ou no caso da Entidade declarar falência, for condenada judicialmente por actos que afectem a sua competência em relação à acreditação, bem como, actos ou omissões lesivas da imagem do IPAC e do Estatuto da Entidade Acreditada, pode aplicar-se a anulação. A anulação pode abranger uma parte do âmbito de acreditação, reduzindo-o ou afectar a sua totalidade.

Em ambas as sanções o IPAC comunica por escrito a sua intenção de suspender ou anular a acreditação de acordo com o tipo de sanção a aplicar à Entidade. Dentro do prazo de 10 dias úteis a partir da data da notificação a Entidade pode alegar em contrário para cancelar o processo. Se assim o efectuar, o IPAC analisa o argumento exposto e decide se mantém ou altera a decisão inicial, transmitindo por escrito à Entidade a opção tomada.

Se for aplicada uma suspensão, durante esse período estabelecido, a entidade fica interdita de usar os Símbolo de Acreditação ou emitir qualquer documento com menção ao Estatuto de Entidade Acreditada para o âmbito de acreditação penalizado. Esta penalização é retirada quando a entidade demonstrar que não existe a razão ou razões que originaram a suspensão. No entanto se o período máximo de sanção for alcançado e se não houver maneira de reverter a situação, então o IPAC inicia o processo de anulação da acreditação.

A entidade cuja acreditação é anulada fica interdita de efectuar as acções acima descritas, para a suspensão, até à data de aceitação de uma nova candidatura pelo IPAC. Este organismo pode estabelecer condições e/ou um prazo máximo de um ano para aceitar a nova solicitação. Tudo depende da natureza dos motivos que levaram à anulação.

A anulação da acreditação pode ser reportada à data em que ocorreu o incumprimento invalidando todos os documentos emitidos a partir da mesma nesse âmbito.

3.4.2. Regulamento dos símbolos de acreditação (DCR002)

No regulamento dos símbolos de acreditação são descritas as condições a que as entidades acreditadas devem satisfazer para o uso de símbolos de acreditação e uso da referência ao Estatuto de Entidade Acreditada por signatário de Acordos de Reconhecimento Mútuo.

Este documento é aplicável às entidades acreditadas e aos utilizadores de Símbolos de Acreditação e Certificação Acreditada.

O símbolo de acreditação identifica as entidades acreditadas pelo IPAC respeitando os requisitos do presente regulamento e do regulamento geral de acreditação.



a)



b)

Figura 3.3. Símbolo de Acreditação. a) Símbolo para um único esquema de acreditação; b) Combinação de creditações múltiplas do mesmo esquema de acreditação. [12]

Nos símbolos acima reproduzidos “X0000” identifica o número de Certificado de Acreditação da entidade, “Aaaaa” assinala o esquema de acreditação e por sua vez o “Bbbbb” é utilizado para clarificar ou complementar. No caso específico dos laboratórios “Aaaaa” pode assumir as seguintes designações de acordo com o que se adequa, ‘Calibração’, ‘Ensaaios’ ou ‘Exames Clínicos’. Para organismos de certificação o “Aaaaa”

assume a designação de 'Certificação' e então o "Bbbbb" esclarece em que âmbito, por exemplo 'Sistemas de Gestão', 'Produtos', 'Pessoas', entre outros.

Se a entidade tem diversas unidades técnicas acreditadas dentro do mesmo esquema de acreditação, pode solicitar ao IPAC o uso do símbolo da Figura 3.3 b). Só se permite a combinação máxima de três unidades técnicas acreditadas.

Para além do símbolo de acreditação, o IPAC também fornece a bandeira 'Entidade Acreditada', ver Figura 3.4. A bandeira pode ser colocada no exterior da entidade acreditada, bem como no seu interior, em espaços de exposição ou salas de espera.



Figura 3.4. Bandeira 'Entidade Acreditada'. [12]

Não pode ser utilizada por terceiros e quando se suspende totalmente ou se anula a acreditação esta deve ser recolhida.

3.4.3. Procedimento para acreditação de laboratórios (DCR005)

O presente regulamento descreve o sistema de acreditação de entidades que efectuem ensaios, calibrações ou exames laboratoriais. É um complemento do regulamento geral de acreditação.

É da competência do laboratório indicar o âmbito de laboração para o qual pretende obter a acreditação. No caso específico dos laboratórios de ensaio o âmbito de acreditação deve ser apresentado numa tabela onde constem os seguintes itens em cada coluna:

- ♦ Produto a ensaiar ou analisar;
- ♦ Parâmetro a ensaiar ou analisar;
- ♦ Método de ensaio ou análise;
- ♦ Categorias de locais onde cada ensaio ocorre. [13]

Os requisitos descritos no Regulamento Geral de Acreditação (DCR001) devem ser cumpridos por todos os laboratórios. O presente regulamento estipula que para o caso de

laboratórios de ensaio deve ser seguida a EN ISO/IEC 17025 e o respectivo guia interpretativo (OG001).

Os documentos de candidatura ao processo de acreditação são o formulário geral de candidatura e o formulário específico, para o caso em estudo, de laboratórios de ensaio.

3.4.4.ISO/CEI 17025

Um laboratório de ensaio que pretende demonstrar que gere um sistema de qualidade tecnicamente competente e capaz de produzir resultados válidos, deve recorrer à norma internacional ISO/CEI 17025 para se inteirar dos requisitos necessários para a sua validação.

Esta norma é a base para a acreditação dos laboratórios, ferramenta usada pelas entidades de acreditação, neste caso, pelo IPAC (Instituto Português de Acreditação).

A acreditação é o reconhecimento da competência técnica das entidades que executam actividades de avaliação da conformidade, tais como calibrações, ensaios, certificação e inspecção. “A acreditação diferencia-se da certificação não só por exigir um sistema da qualidade, mas ainda requerer a necessária competência técnica para garantir confiança nos resultados e produtos das actividades acreditadas”. [28]

Neste ponto será tratada a EN ISO/IEC 17025:2005.”Se os laboratórios de ensaio e calibração cumprirem os requisitos da presente Norma, o seu sistema de gestão da qualidade, para as actividades de ensaio e calibração, satisfaz igualmente os princípios da norma ISO 9001. O anexo A da ISO 9001 apresenta referências cruzadas nominais entre a presente Norma e a norma ISO 9001. A presente Norma abrange requisitos de competência técnica que não estão cobertos pela norma ISO 9001.” [15]

Tendo em conta o divulgado no site oficial do IPAC: o objectivo desta segunda edição é o alinhamento com a ISO 9001:2000, não existem alterações significativas nos requisitos técnicos, apenas nos requisitos de gestão, onde se dá um “maior ênfase às responsabilidades da gestão de topo, à necessidade de demonstrar o compromisso com a melhoria contínua do sistema de gestão e à satisfação do cliente”. A terminologia sofreu uma pequena alteração passando a designar-se ‘sistema de gestão’ no lugar de ‘sistema de gestão da qualidade’ e ‘customers’ no lugar de ‘clients’. O ILAC, International Laboratory Accreditation Cooperation, definiu um período de apenas dois anos para que se cumpram os requisitos desta edição, tendo terminado o prazo em 31 de Maio de 2007. [28]

A norma apresenta dois tipos principais de requisitos: requisitos de gestão e requisitos técnicos.

3.4.4.1. Requisitos de gestão

Como requisito de gestão solicita-se que o laboratório apresente um dos dois tipos de existência legal:

1. “Laboratório com personalidade jurídica própria, composto por uma ou mais unidades técnicas;
2. Laboratório integrado numa entidade com personalidade jurídica própria.”

[14]

O laboratório ou a entidade onde está inserido “pode comprovar a sua existência legal por referência no Manual da Qualidade (MQ) a documento oficial (Decreto-Lei, acto constitutivo, etc.)”. Se apenas a entidade que integra o laboratório tem existência legal, o caso deve ser exposto no MQ, por exemplo, onde seja definida a sua incorporação nessa entidade. [14]

O laboratório deve possuir um sistema de gestão organizado, isto é, todos os documentos, desde procedimentos, normas e instruções, devem ser de fácil compreensão e estar acessível ao pessoal relevante. Compete ao laboratório definir as políticas e os objectivos do seu sistema de qualidade.

➔ Controlo de documentos

Todos os documentos inerentes ao sistema de gestão, tais como, regulamentos, normas, software e manuais devem ser controlados através de procedimentos estabelecidos pelo laboratório.

Para evitar o uso de documentos obsoletos deve ser criado e disponibilizado um procedimento de controlo dos documentos capaz de identificar o seu estado de revisão actual. O procedimento adoptado deve garantir a disponibilização de documentos adequados, a revisão destes periodicamente e os documentos obsoletos devem ser identificados. Após se considerar os documentos técnicos e da qualidade obsoletos, recomenda-se para prazo de arquivo, pelo menos, até ao 3ºano civil.

Os documentos do sistema de gestão elaborados pelo laboratório devem possuir uma identificação, como por exemplo as autoridades emissoras (não implica a existência de rubricas), data da emissão e/ou revisão e páginas numeradas com indicação do total de paginas ou indicador do fim do documentos.

Para se proceder à alteração dos documentos devem ser estabelecidos procedimentos que descrevam a forma de executar e controlar as alterações em documentos em suporte electrónico. O mesmo se verifica para alterações manuscritas até à sua reedição. Estas devem ser bem identificadas e rubricadas, excepto quando se proceda à reformulação integral do documento ou quando não se altere o conteúdo técnico, mas apenas sejam efectuadas correcções ortográficas. Após a revisão de um documento a sua reedição formal deve ser efectuada logo que possível.

➡ **Análise de consultas, propostas e contratos**

Para a análise de consulta, propostas e possíveis contratos o laboratório deve estar dotado de políticas e procedimentos capazes de garantir que:

- ♦ Os requisitos assim como os métodos a usar estão devidamente definidos, documentados e entendidos;
- ♦ O laboratório possui idoneidade e os recursos essenciais para cumprir os requisitos;
- ♦ O método seleccionado é adequado e capaz de satisfazer os requisitos do cliente, caso seja aplicável, eventuais requisitos da entidade regulamentar também devem ser cumpridos.

Se surgir alguma discrepância entre a consulta ou a proposta e o contrato, esta deve ser solucionada antes do início do trabalho.

Durante este processo devem ser registados os dados relativos a cada cliente ou potencial cliente, e todos os aspectos importantes para a análise do contrato, tais como, prazos de entrega quer da amostra e de resultados e preços.

Qualquer desvio ao contrato implica informar sempre o cliente. Se houver necessidade de o modificar o mesmo durante o trabalho, deve proceder-se a um novo processo de análise do contrato e advertir o pessoal afecto das alterações efectuadas.

➡ **Subcontratação de ensaios e calibrações**

Um laboratório pode subcontratar trabalho devido a incapacidade temporária (avarias, excesso de trabalho, etc.), desde que não exceda um período de 3 meses. A permanente ou sistemática subcontratação devido a falta de instalações, equipamento ou pessoal, invalida a acreditação de ensaio/calibrações.

A entidade subcontratada deve ser competente, ou seja, deve actuar de acordo com os requisitos da presente norma para o trabalho a subcontratar.

Quando a subcontratação não estiver no âmbito do contrato inicial do laboratório/cliente então o laboratório deve informar por escrito o cliente a sua intenção e obter a aprovação deste também por escrito.

O laboratório é o responsável pelo trabalho subcontratado a menos que o cliente estipule qual o subcontratado.

Deve efectuar-se registos de todos os subcontratados a que o laboratório recorre ou recorreu no ultimo ano, assim como a apresentação de documentos comprovativos que justificam a sua idoneidade, como por exemplo cópias de Certificados de Acreditação.

➔ **Aquisição de produtos e serviços**

Sempre que o laboratório adquirir, recepcionar e armazenar produtos e serviços susceptíveis de influenciar a qualidade dos ensaios, estes devem ser inspeccionados e averiguados ao nível a sua conformidade. Os critérios de aceitação/rejeição de produtos e serviços devem estar documentados.

Por produtos entende-se todo o tipo de consumíveis (quando influenciem a qualidade dos ensaios/calibrações). Os serviços englobam as manutenções, auditorias internas, formação, subcontratação, entre outros.

Os fornecedores destes produtos e serviços devem ser alvos de avaliação, mesmo que sejam fornecedores únicos. Como exemplo de critérios de avaliação tem-se a qualidade dos produtos e/ou serviços prestados, prazo de entrega, certificação/acreditação.

O laboratório deve proceder a elaboração e actualização da lista de fornecedores aprovados ou qualificados.

➔ **Relação Laboratório/cliente**

O sistema de gestão, bem como os ensaios e, claramente, o serviço ao cliente podem ser melhorados. Deve existir uma relação de cooperação entre o laboratório e o cliente, mantendo o cliente sempre informado de qualquer alteração não prevista.

➔ **Reclamações**

Aquando da apresentação de uma reclamação deve ser efectuado o seu registo de acordo com a política estabelecida pelo laboratório, assim como das investigações decorrentes e as acções correctivas aplicadas. O laboratório deve estar provido de um

impresso ou livro (de registo de reclamações) no local onde presta serviço ou no local onde contacta o cliente.

As reclamações devem ser percepcionadas como sendo uma oportunidade de melhoria.

➔ **Trabalho não conforme**

Para qualquer inconformidade verificada no ensaio e/ou calibração ou até mesmo nos resultados com os procedimentos ou requisitos acordados pelo cliente deve ser implementada uma política que garantam os seguintes itens:

- ♦ Devem ser definidas responsabilidades e as acções a tomar aquando da percepção de trabalho não-conforme;
- ♦ Avaliar as causas e consequências do trabalho não-conforme;
- ♦ O cliente deve ser informado e deve ser efectuada uma reavaliação do trabalho;
- ♦ Deve estar definida a responsabilidade pela permissão do recomeço do trabalho.

Se se prever uma possibilidade de voltar a ocorrer trabalho não conforme devem ser aplicados os procedimentos das acções correctivas.

➔ **Melhorias**

Ao laboratório é pedido uma melhoria constante do seu sistema de gestão, baseando-se nos resultados das auditorias, criando acções correctivas e preventivas bem como através de revisões pela gestão.

O laboratório deve nomear responsáveis com autoridade apropriada para implementar acções correctivas sempre que se detecte trabalho não conforme. Entende-se como acção correctiva a formação, supervisão ou desqualificação do operador, aquisição ou manutenção de equipamento, entre outros.

Deve ser sempre efectuado um apuramento e registo das causas do trabalho não conforme. Também se deve proceder ao registo do resultado da avaliação da eficácia das acções correctivas aplicadas.

A auditoria complementar pode ser vantajosa também para se realizar o fecho de não conformidades relacionadas.

As acções preventivas aplicam-se quando se identificam oportunidades de melhoria e quando estas são necessárias, evitando deste modo o aparecimento de não conformidades. A execução dos requisitos da presente norma não é considerada como acção preventiva. Contudo, ao melhorar o modo como estes são cumpridos pode constituir uma acção preventiva.

➔ **Controlo de registos**

Ao laboratório compete criar um procedimento para identificação, recolha, indexação, acesso, arquivo, armazenamento, manutenção e eliminação dos registos técnicos e da qualidade. O local de arquivo deve proporcionar as condições apropriadas à conservação dos documentos, garantir a confidencialidade e estar acessível durante a realização da auditoria. É importante que para o registo em suporte electrónico sejam tomadas as devidas precauções para evitar a perda de informação, o acesso não autorizado ou possíveis alterações não previstas.

➔ **Auditorias internas**

As auditorias internas têm como função detectar e corrigir anomalias, bem como melhorar o sistema de gestão. Recomenda-se que a execução destas auditorias sejam efectuadas anualmente, em caso contrário, o laboratório deve apresentar argumentos válidos que o fundamentem. “O programa de auditoria interna deve abranger todos os elementos do sistema de gestão, incluindo as actividades de ensaio e/ou calibração” [14]. A palavra “programa” subentende um planeamento das acções a realizar.

As auditorias internas devem ser efectuadas por elementos independentes das actividades a auditar, no entanto se os recursos disponíveis não o permitir, aceita-se que possam ser executadas por elementos do próprio laboratório, desde que se verifiquem os seguintes requisitos: as auditorias devem ser eficazes; a iniciativa de desencadear e fechar as auditorias pertença ao laboratório e o laboratório deve evidenciar que os auditores estão devidamente qualificados, nomeadamente, com conhecimentos da NP ISO/IEC 17025 e experiencia nos métodos de ensaio e/ou calibração. [18]

Com a periodicidade mínima de um ano o laboratório deve proceder a uma revisão dos seu sistema de gestão a das actividades de ensaio e/ou calibração. Assim como acontece para as auditorias internas, a revisão do sistema de gestão pode ser executada em ciclos mais extensos, mediante a apresentação de argumentos que o justifiquem.

Este procedimento permite assegurar/ melhorar a sua eficácia e adequação.

3.4.4.2. Requisitos técnicos

A competência de todos os responsáveis pelo manuseamento de equipamentos específicos, que realizam ensaios, avaliam o resultado e assinam relatórios de ensaio

deve ser assegurada pela direcção do laboratório. O pessoal que se encontre ainda em formação deve ter supervisão adequada.

Para que se possa garantir a competência do pessoal, deve estar definido no MQ ou incluído, as qualificações mínimas exigíveis de acordo com a sua função no laboratório.

A direcção do laboratório está encarregue de definir as habilitações necessárias à ocupação dos cargos. Deve possuir uma política que identifique a necessidade de formação e proporcioná-la, recorrendo a entidades externas ou internas.

Quando se recorrer a pessoal técnico, este deve ser efectivo ou contratado. O laboratório tem como função garantir que este pessoal seja competente, esteja sob supervisão e que respeite o sistema de qualidade do laboratório.

Relativamente às instalações e condições ambientais onde se efectuam os ensaios, deve existir o cuidado de verificar que estas não afectam negativamente os resultados dos ensaios e/ou calibrações. Se tal for provável os ensaios e calibrações devem ser suspensos.

É recomendável fornecer instruções ao pessoal externo que faz a limpeza com o intuito de salvaguardar a operacionalidade dos equipamentos e a confidencialidade dos dados, entre outros.

➔ **Equipamento**

O laboratório deve possuir o equipamento fundamental para a amostragem, medição e ensaio para o desempenho íntegro dos ensaios e/ou calibrações. Quando o equipamento for cedido temporariamente a terceiros, por exemplo, para investigação, formação ou partilha com outro departamento da entidade, ou no caso de uma avaria ou acidente o laboratório recorrer a equipamento externo, o laboratório deve verificar que os requisitos da presente norma são cumpridos.

O equipamento e respectivo software usados no laboratório deve ser verificado antes da sua utilização e deve atingir a exactidão requerida.

Deve estar disponível informação sobre a utilização e manutenção dos equipamentos e estes devem ser usados por pessoal autorizado. É recomendável que a manutenção siga os seguintes itens:

- Registo das manutenções efectuadas;
- Modo de identificação do seu estado operacional;

- Localização do equipamento enquanto estiver em manutenção ou fora de serviço.

Os equipamentos e softwares podem ser identificados através do seu número de serie ou através da marcação do equipamento ou do local onde se encontra. Os registos devem contemplar os seguintes aspectos:

- a) Identificação do equipamento e software;
- b) Nome do fabricante, modelo e numero de serie;
- c) As verificações de que o equipamento cumpre as especificações da presente norma;
- d) Localização habitual, sempre que o seu uso esteja limitado a certos sítios do laboratório;
- e) As instruções do fabricante e a sua localização;
- f) As datas, os resultados e as cópias dos relatórios e certificados de todas as calibrações, ajustes, critérios de aceitação e data prevista da próxima calibração;
- g) Plano de manutenção, se se justificar e as manutenções realizadas até à data;
- h) Todos os danos, avarias, modificações ou reparações do equipamento.

Qualquer equipamento suspeito de resultados inválidos ou apresente defeitos deve ser colocado fora de serviço.

➔ **Rastreabilidade das medições**

Todo o equipamento susceptível de influenciar sobre a exactidão ou validade do resultado deve ser calibrado antes de se realizar um ensaio. O laboratório é responsável pelo desenvolvimento de uma metodologia para realizar a calibração do seu equipamento.

➔ **Apresentação dos resultados**

Os resultados dos ensaios e/ou calibrações efectuados pelo laboratório devem seguir os requisitos dos métodos que se lhe aplicam e devem ser apresentados de uma forma rigorosa, clara, inequívoca e objectiva.

Quando o relatório tiver resultados de ensaios realizados por subcontratados, estes devem ser visivelmente identificáveis.

Se for necessário efectuar emendas nos relatório de ensaio ou num certificado de calibração deve ser emitido um documento com a seguinte declaração "Suplemento ao

Relatório de ensaio [ou Certificado de Calibração], número de serie [ou qualquer outra identificação]". [15]

Caso haja necessidade de emitir na íntegra um novo documento, este deve possuir a mesma referência do original que substitui.

Um laboratório ao cumprir os requisitos impostos por esta norma vê a sua competência ao nível de realização de ensaios e/ou calibração reconhecida.

4. ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO FOGO

Neste capítulo, é abordado, pormenorizadamente, um dos ensaios efectuados pelo LERF. A empresa requerente, Revi-Clap, quis avaliar o comportamento de resistência fogo de dois tipos de caixas de revisão/alçapões técnicos mencionadas, posteriormente, com mais pormenor. A sua aplicação é feita em sistemas de tectos falsos e divisórias em gesso cartonado permitindo o acesso e manutenção de sistemas ocultos, tais como canalizações, sistemas eléctricos e ar condicionado. [34]

Os ensaios elaborados no LERF permitiram classificar o produto testado de acordo com os seguintes critérios: estanquidade a chamas e gases quentes (critério E) ou isolamento térmico (critério I).

No final deste capítulo é apresentado um outro ensaio referente a uma porta de vidro corta-fogo. Para este ensaio faz-se apenas um resumo da construção do espécime e da evolução do seu comportamento durante o ensaio com base numa apresentação fotográfica. Esta avaliação permitiu o desenvolvimento de produto por parte da empresa requerente, garantindo a comercialização de produtos de qualidade e a sua segurança relativamente ao fogo.

4.1. Breve descrição dos equipamentos e softwares do LERF

O Laboratório de Estruturas de Resistência ao Fogo, LERF, está dotado de um forno vertical com uma dimensão no plano vertical de $(3,1 \times 3,1) \text{m}^2$, capaz de definir a resistência ao fogo de elementos e produtos de construção de acordo com a regulamentação europeia, mencionada no capítulo 2. Pode submeter-se ao aquecimento padronizado elementos de compartimentação verticais numa só face.

Todos os dados necessários à avaliação da amostra em estudo são acompanhados numa sala do laboratório com os devidos equipamentos e softwares fundamentais. (ver Figura 4.1)

Na sala existe um equipamento que regista e fornece a leitura das temperaturas interiores do forno, bem como a variação da pressão. Neste equipamento é possível inserir a curva padronizada que se pretende para o aquecimento do forno, permite ligar/desligar os termopares do forno de acordo com o pretendido para cada ensaio, e estabelecer a pressão no interior do mesmo. Na Figura 4.1 é possível visualizar o hardware descrito, anteriormente, no canto direito da sala.

Ao longo do ensaio é possível visualizar a evolução destes parâmetros através de um monitor ligado ao equipamento referido, com o sistema operativo MS-DOS.

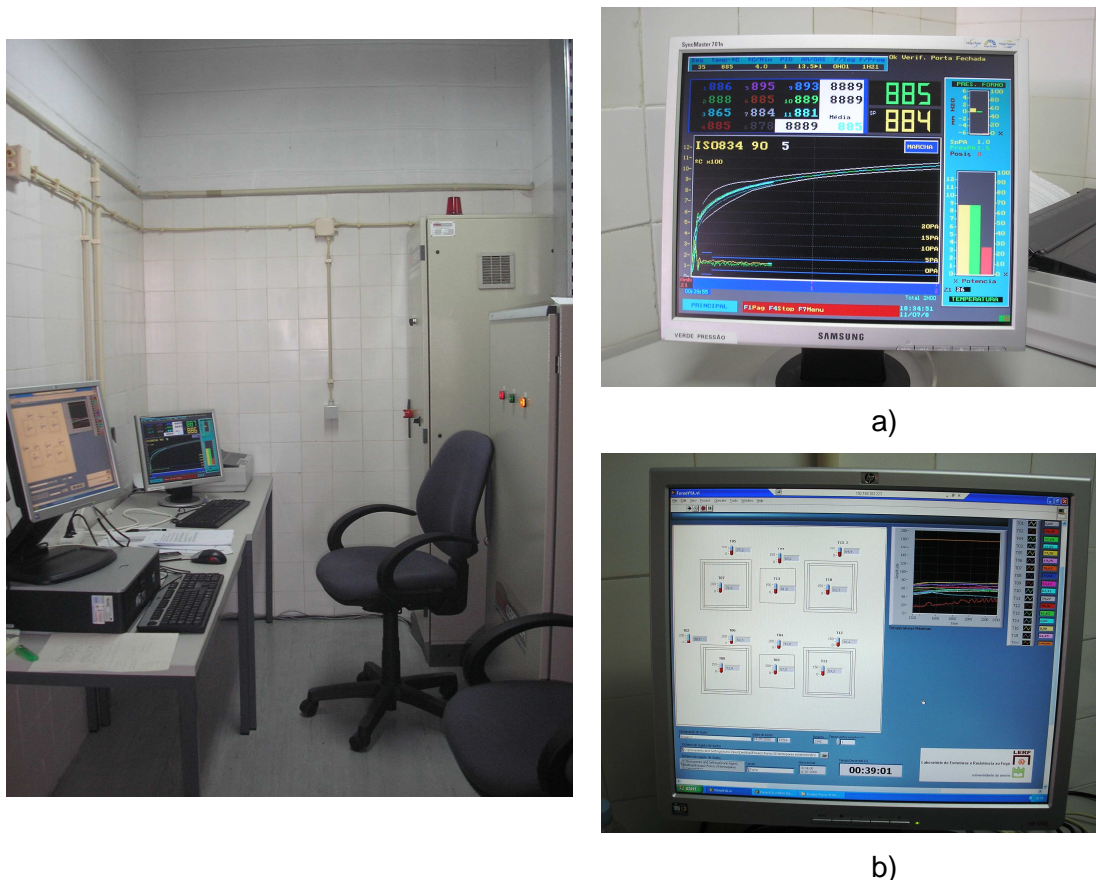


Figura 4.1 Sala do laboratório com os equipamentos informáticos e respectivos softwares. a) Monitor com o sistema operativo MS-DOS; b) Monitor com o programa Labview.

Os termopares da face não exposta estão ligados a um sistema de aquisição de dados, ver Figura 4.2. Este adquire os valores de temperatura e através do monitor é possível visualizar e vigiar a evolução da temperatura na face não exposta. Para este efeito é utilizado um software específico, designado LabVIEW e tem como funções: a aquisição de dados, o controlo de instrumentos, automatização de testes, processamento de sinal e controlo industrial.

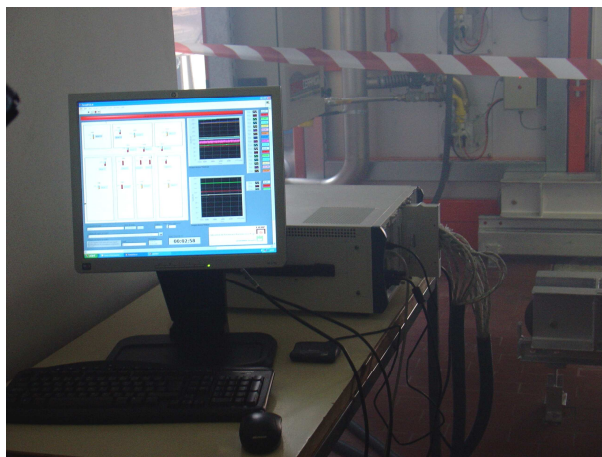


Figura 4.2 Sistema de aquisição de dados onde estão ligados os termopares da face não exposta.

O labVIEW, Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench, é uma linguagem de programação gráfica originária da National Instruments. É constituído por dois painéis, num dos quais se procede à programação através da apresentação gráfica (ver Figura 4.3), e um outro onde aparecem os elementos de output do programa criado, por exemplo, gráficos e valores numéricos da leitura das temperaturas. Neste software o programador não necessita de escrever qualquer linha de comando, como se faz no caso da linguagem de programação Fortran, por exemplo.

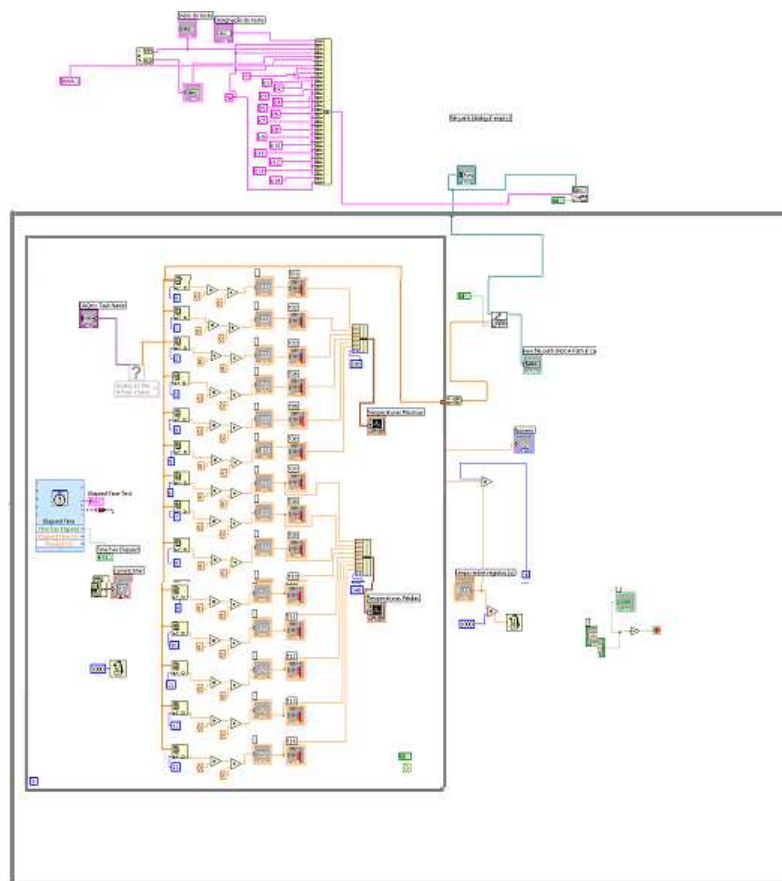


Figura 4.3 Programa criado no LabVIEW

A vantagem perante qualquer uma das linguagens fundamentadas em texto é a facilidade com que se criam componentes que se executam paralelamente. Este software apresenta algumas desvantagens perante a linguagem de programação em texto, que são as que se seguem:

- a) Quando se procede a pequenas alterações pode levar a reorganizações profundas, isto é, um novo bloco ao ser inserido no programa precisa de ser ligado aos restantes e por vezes, pode implicar o uso de novos símbolos.
- b) É habitual introduzir mais variáveis do que aquelas que são estritamente necessárias para evitar confusões de linhas, diminuindo-se assim a velocidade de programação e contrariando-se, de algum modo, o modelo de fluxo de dados.

A versão utilizada no LERF é o LabVIEW 8.2. Deve ter-se em atenção que foi elaborado um programa no Labview que é ajustado sempre às necessidade de cada ensaio realizado no LERF.

4.2. Descrição dos ensaios

Neste subcapítulo é apresentada uma descrição de um dos ensaios realizados pelo LERF. São apresentados os resultados obtidos e a classificação atribuída à amostra.

Em qualquer ensaio pretende-se estudar o comportamento da amostra exposta a elevadas temperaturas avaliando a estanquidade, resistência e isolamento a chamas e gases quentes.

Um ensaio necessita sempre de um estudo e preparação prévia. É fundamental verificar o correcto funcionamento dos equipamentos necessários, preparar o software de acordo com o ensaio pretendido e estudar a norma a aplicar.

A amostra é montada no laboratório pela empresa que requer o ensaio e a sua montagem deve ser executada da mesma forma como se aplica em obra. Após a sua finalização, o correcto funcionamento da amostra é analisado pelo laboratório.

No dia da realização do ensaio de resistência ao fogo fecha-se o forno e são efectuados os últimos pormenores, por exemplo, a colocação dos termopares exteriores, marcação da leitura dos pontos de deformação, entre outros.

Deve ter-se sempre o cuidado de limitar o perímetro propício a possível queda de materiais da amostra durante o ensaio, assim como o uso de máscara.

Estes ensaios seguiram a EN 1363-1 e a EN 1634-1.

4.2.1. Ensaio das caixas de revisão

Este ensaio de resistência ao fogo realizado nas instalações do LERF teve como objecto de ensaio caixas de revisão Revi-Clap. A amostra continha caixas com a designação Revi-Clap BA 30 e caixas BA 45. A amostra foi seleccionada pelo requerente do ensaio.

4.2.1.1. Detalhes da amostra

A amostra de ensaio continha seis caixas Revi-Clap. A sua disposição é apresentada na Figura 4.4 e as características de cada caixa são especificadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 Detalhes sobre a amostra a ensaiada.

	BA 30 (600x600mm ²)	BA 30 (500x500mm ²)	BA 45 (500x500mm ²)	BA 45 (600x600mm ²)
Marca	Revi-Clap			
Modelo	BA 30 Revi-Clap		BA 45 Revi-Clap	
Dimensões (mm)	600x600x30	500x500x30	500x500x45	600x600x45
Localização	Ver Figura 4.4 e Figura 4.5			
Isolamento	Não tem	Lã de rocha (50mm) na superfície da caixa de revisão na face não exposta	Lã de rocha (50mm) na superfície da caixa de revisão na face não exposta	Não tem
Obra de suporte	Placas de gesso com 15+15mm de espessura e um isolamento com lã de rocha		Placas de gesso com 15+15+15mm de espessura e um isolamento com lã de rocha	

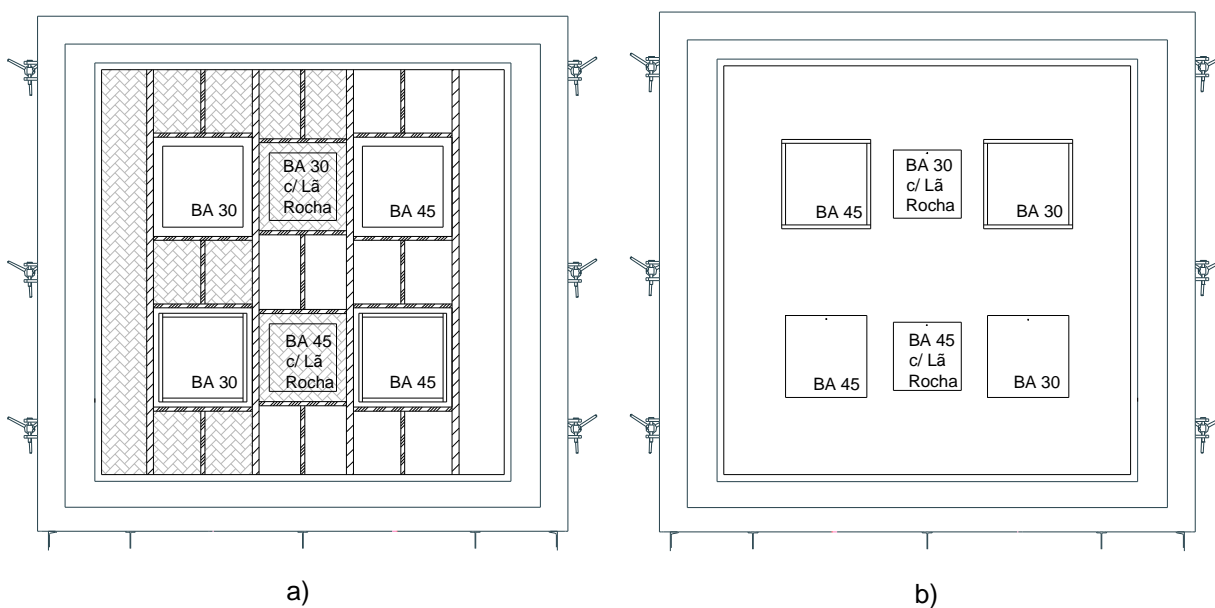


Figura 4.4 Desenho da amostra ensaiada. a) Face não exposta b) Face exposta. [19]

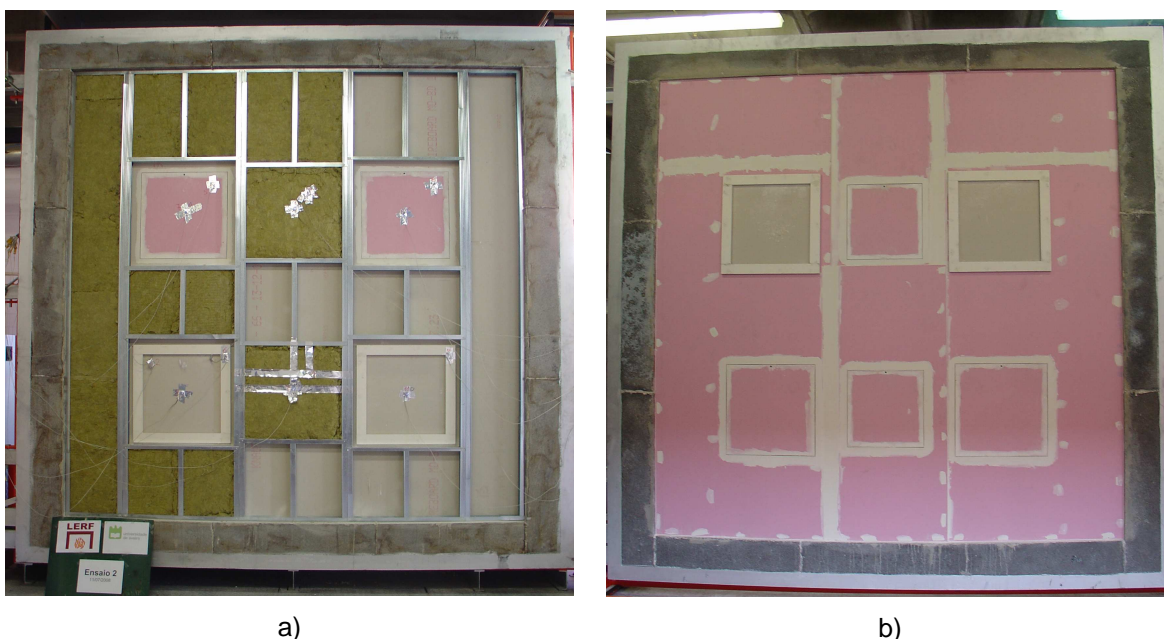


Figura 4.5 Amostra antes da realização do ensaio. a) face exposta b) face não exposta. [19]

Como se pode verificar na Figura 4.4 e na Figura 4.5, foram testadas duas caixas de revisão com a tipologia BA30 [600x600mm²], ver Figura 4.4 a), e outras duas com a tipologia BA45 [600x600mm²], visando a avaliação do seu comportamento ao fogo nas duas direcções possíveis de montagem em construção. Estas caixas possuem uma envolvente de gesso cartonado de duas e três placas, respectivamente, que apresentam 30mm e 45mm de espessura, de acordo com a tipologia. A caixa de revisão situada a uma altura inferior foi testada com a direcção da abertura exposta ao fogo.

Foi testada apenas uma caixa de revisão com a tipologia BA30 [500x500mm²] com lã de rocha com a finalidade de aumentar o isolamento térmico da caixa, testada apenas na direcção da abertura exposta ao fogo. Esta caixa tem 30mm de espessura e foi construída com uma envolvente de 2 placas de gesso cartonado com 15mm cada.

E uma outra caixa de revisão com a tipologia BA45 [500x500mm²] com lã de rocha com o mesmo objectivo indicado anteriormente, também foi testada apenas na direcção da abertura exposta ao fogo. Esta caixa tem 45mm de espessura e foi construída com uma envolvente de 3 placas de gesso cartonado com 15mm cada. [19]

4.2.1.2. Construção

Nas Figura 4.6 é apresentada a evolução da construção da amostra. Enquanto na Figura 4.7 vê-se um alçapão aberto o que demonstra o seu correcto funcionamento.

Antes do ensaio verificou-se juntamente com o requerente do teste que todos os alçapões cumpriam o seu sistema de fecho/abertura. Foram medidas as folgas existentes entre as caixas e a sua envolvente, ver Figura 4.8. As folgas a **negrito** e *itálico* foram as medidas na face não exposta, as restantes foram medidas na face exposta.



a)



b)

Figura 4.6 Evolução da construção da amostra. a) Fase inicial b) Fase final.



a)

b)

Figura 4.7 Verificação do funcionamento dos alçapões. a) Alçapão aberto (face exposta) b) Alçapão fechado (face não exposta).

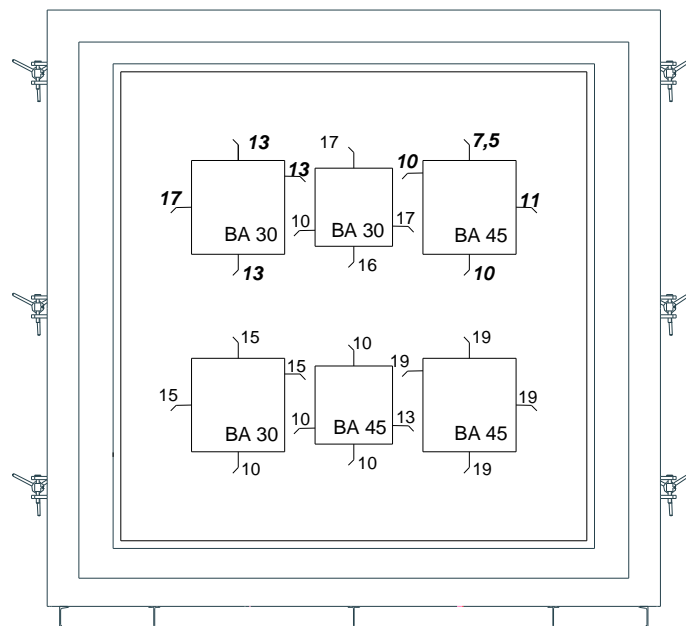


Figura 4.8 Folgas medidas nas amostras de ensaio (mm). [19]

4.2.1.3. Instrumentação do ensaio

Relativamente à instrumentação do ensaio foi avaliada a temperatura no interior do forno através dos termopares interiores. Dos 14 termopares do forno apenas foram usados 11, tendo em conta a disposição das amostras no conjunto a ensaiar. Assim foram desligados os termopares L12, L13 e L14 como se pode constatar na Figura 4.9.

Avaliou-se, também, a pressão no interior do forno no decorrer do ensaio. O medidor de pressão assume a posição demonstrada na Figura 4.9.

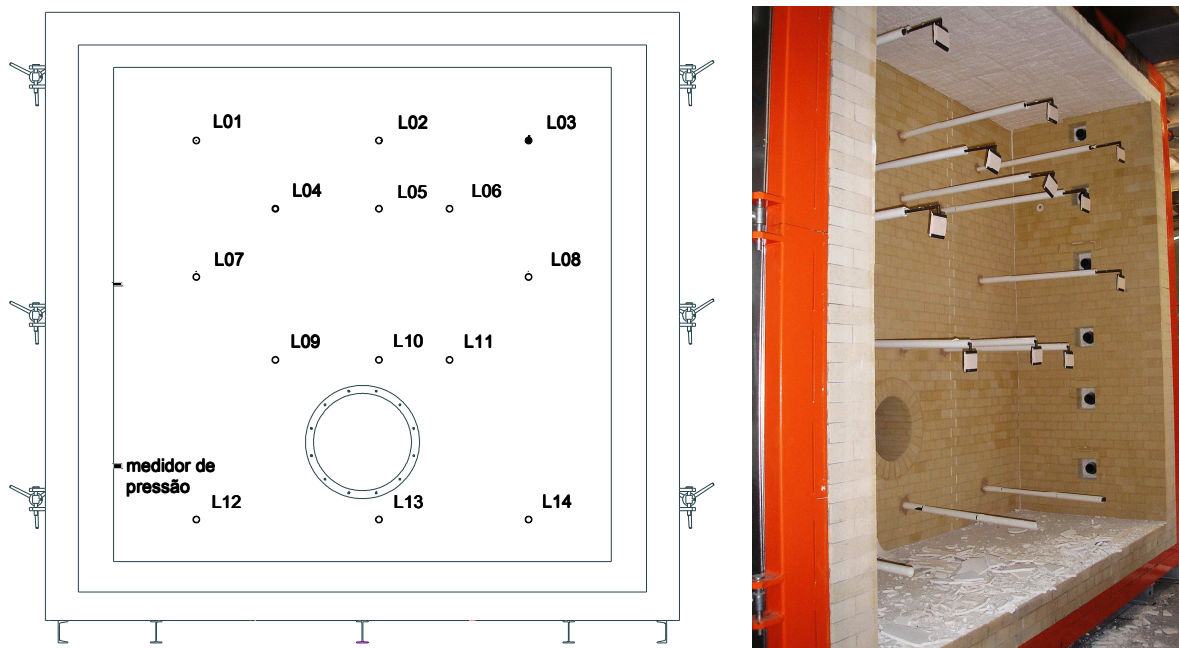


Figura 4.9 Posicionamento dos termopares do forno e do medidor de pressão. [19]

Para avaliar o critério de isolamento térmico na amostra, procedeu-se à aplicação de termopares na face não exposta da amostra. Os termopares foram posicionados de acordo com o esquema exemplificado na Figura 4.10. Foi colocado um termopar no centro de cada amostra e outro a 100mm de distância da caixilharia da caixa de revisão conforme estipula a norma 1634-1, com exceção das caixas BA 30 [600x600mm²] e BA 45 [600x600mm²] com abertura para o interior do forno nas quais o segundo termopar foi colocado na caixilharia da caixa.

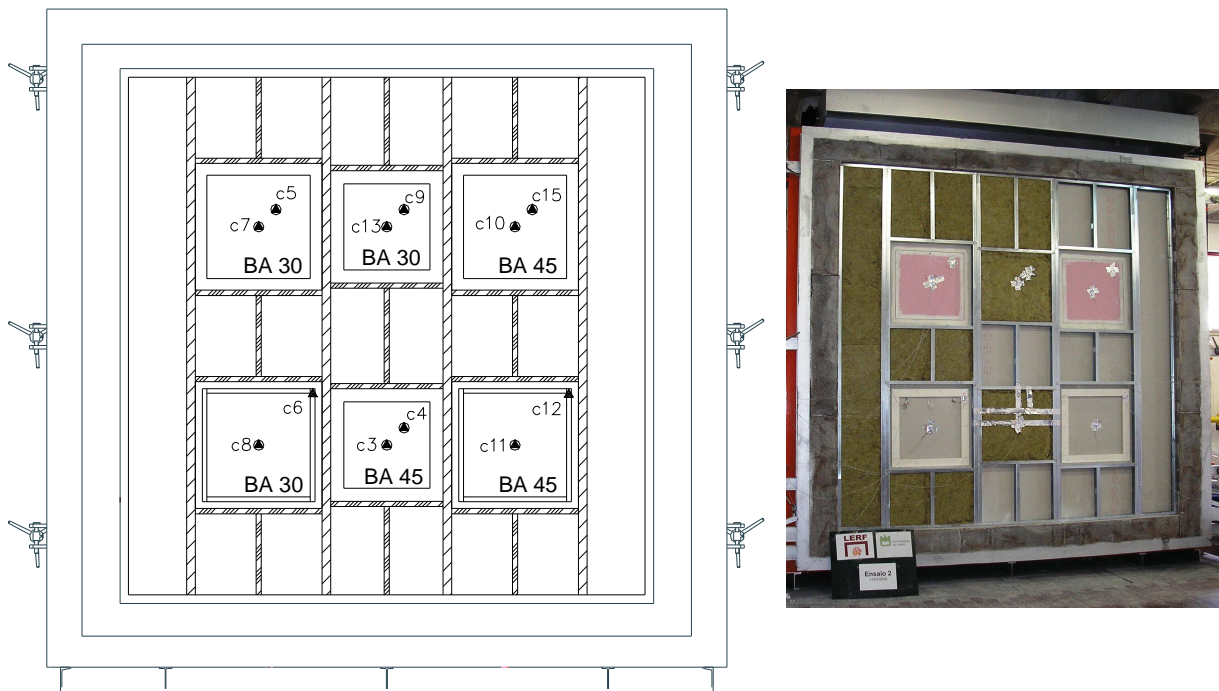


Figura 4.10 Posicionamento dos termopares exteriores. [19]

Após o início do ensaio foi medida a deformação da amostra de 10 em 10 minutos. A deformação foi medida através de equipamento laser nos pontos de interesse apresentados na Figura 4.11.

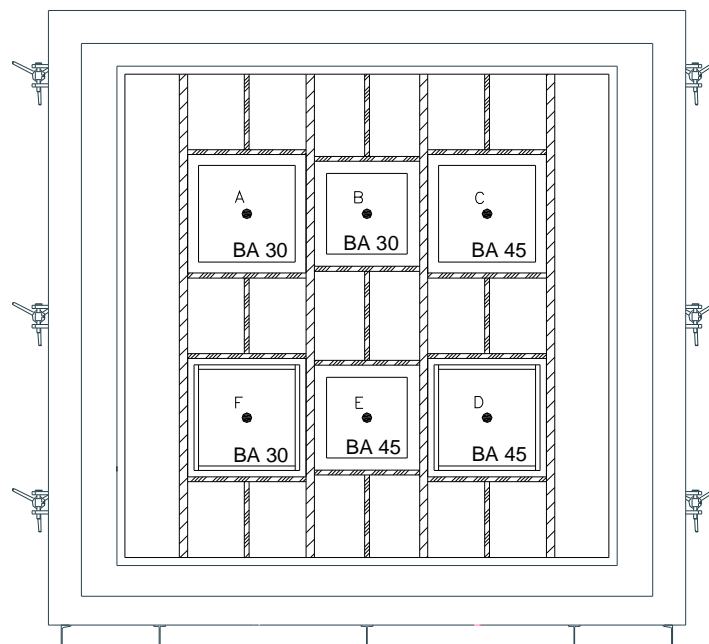


Figura 4.11 Localização dos pontos de leitura da deformação. [19]

4.2.1.4. Resultados

Para que a tese apresentada não se torne demasiado extensa e para que não assuma o carácter de um relatório pormenorizado, apenas se apresenta os gráficos dos resultados obtidos.

Primeiramente, apresenta-se as temperaturas registadas no interior do forno, bem como a pressão. Posteriormente as temperaturas medidas na face não exposta da amostra e a deformação.

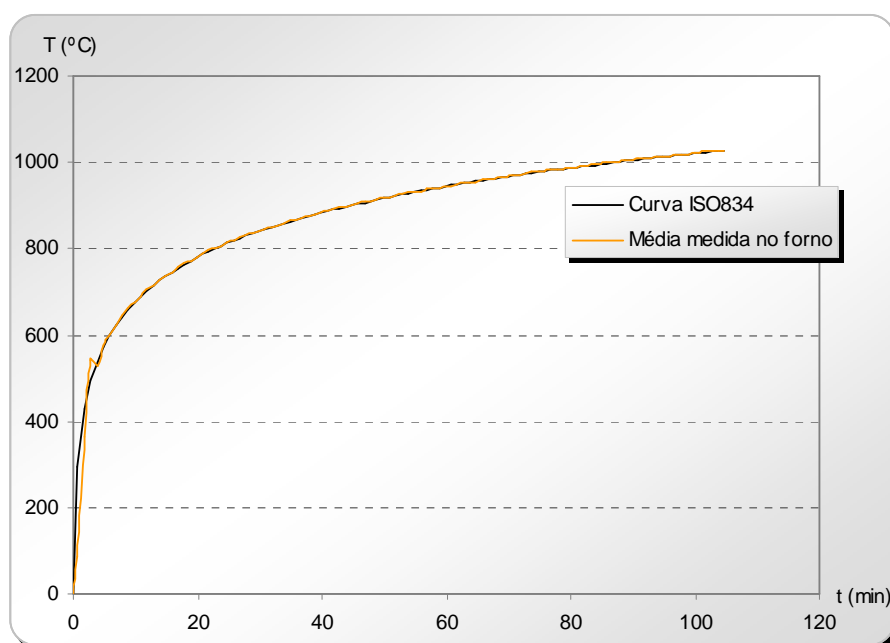


Figura 4.12 Comparação das curvas temperatura-tempo da média obtida das leituras dos termopares do forno e a curva ISO 834. [19]

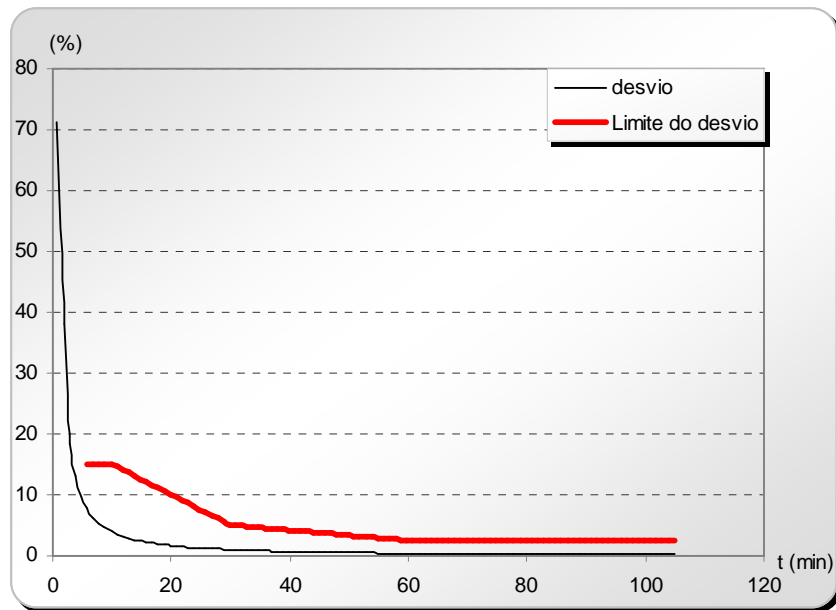


Figura 4.13 Percentagem de desvio da curva ISO834. [19]

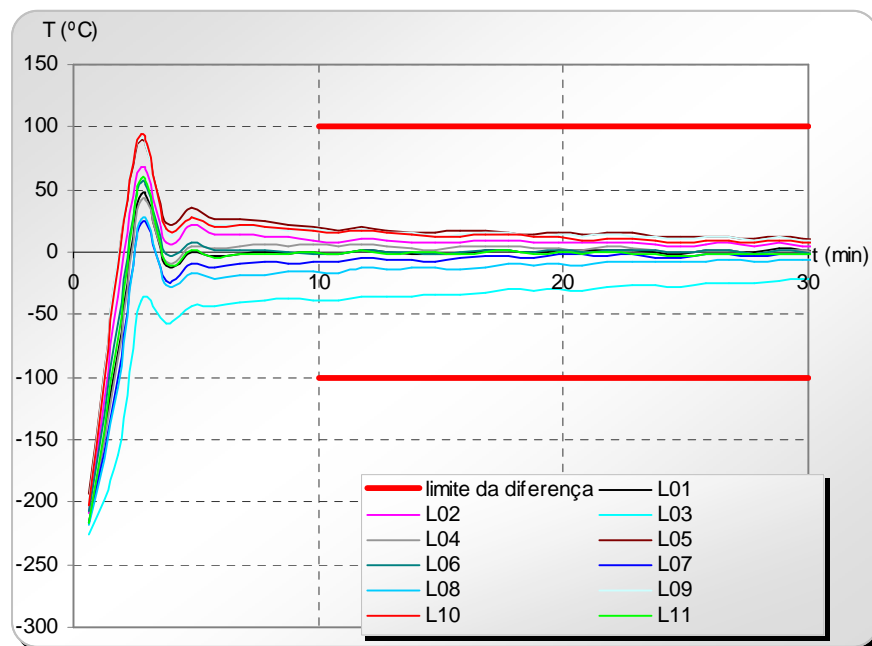


Figura 4.14 Diferenças das temperaturas dos termopares do forno com a curva ISO834.[19]

A variação de pressão registada no interior do forno durante o ensaio é apresentada na Figura 4.15.

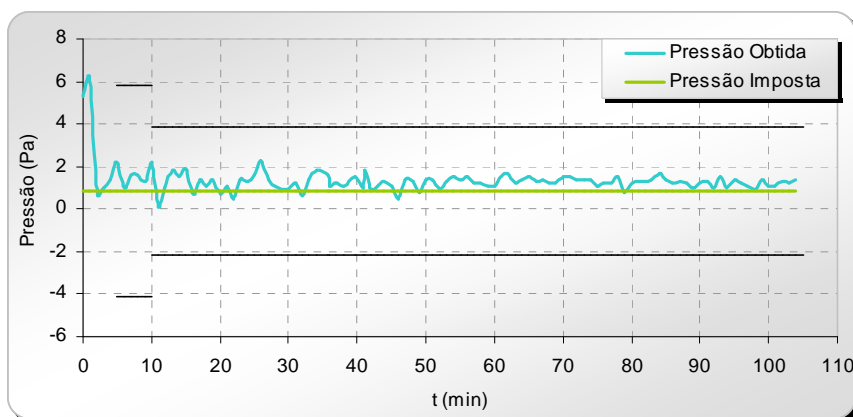


Figura 4.15 Condições de pressão registadas no interior do forno. [19]

Relativamente, à avaliação das temperaturas no exterior da amostra obteve-se os resultados subsequentes apresentados nas Figura 4.16 a Figura 4.21.

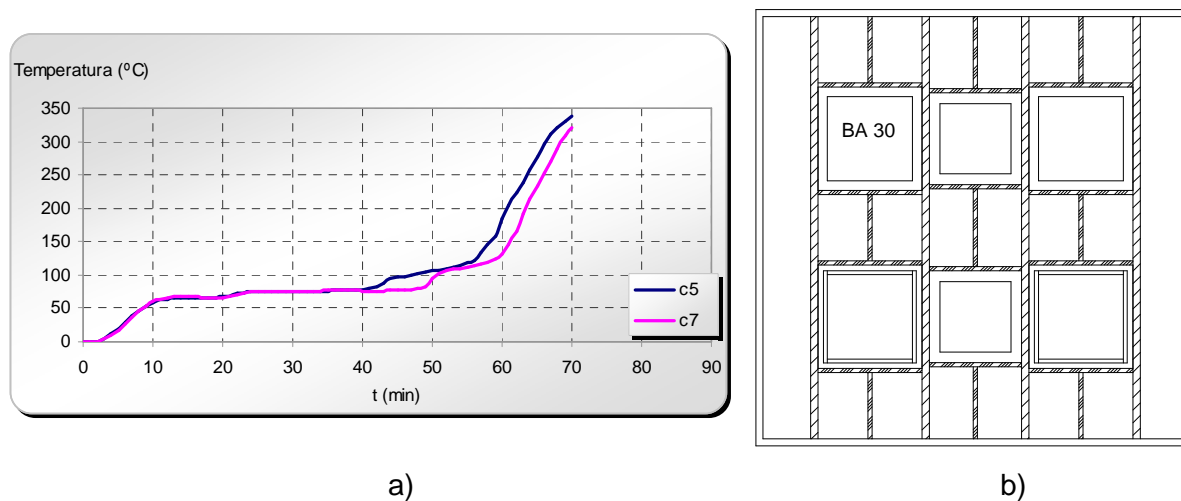
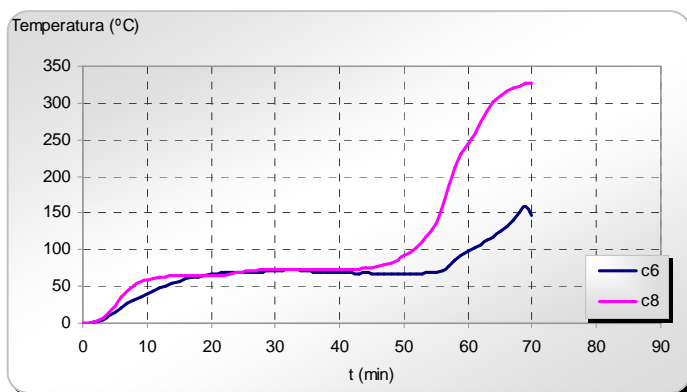
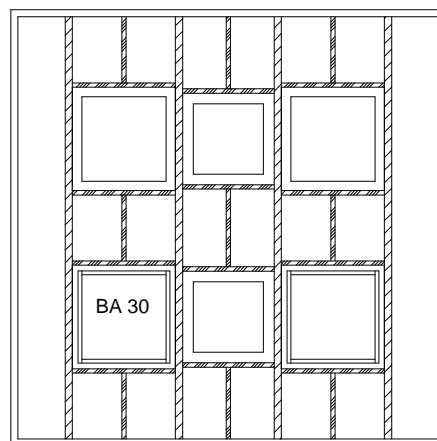


Figura 4.16 Amostra BA 30 [600x600mm²] com abertura para o exterior. a) evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]

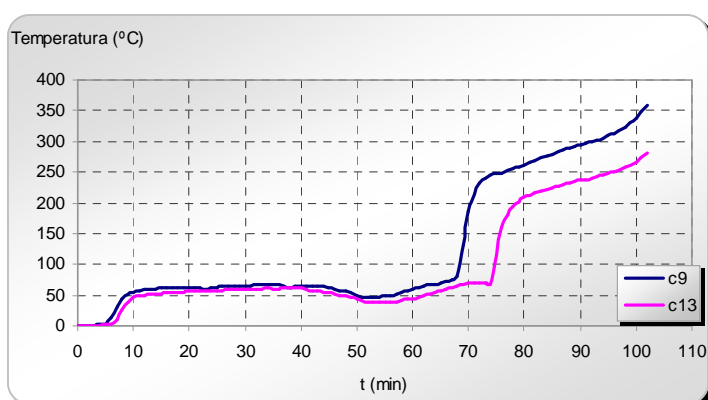


a)

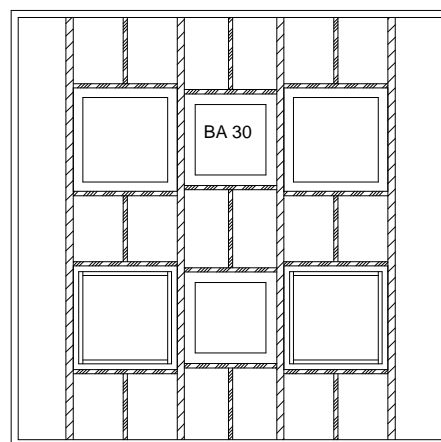


b)

Figura 4.17 Amostra BA 30 [600x600mm²] com abertura para o interior do forno. a) Evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]

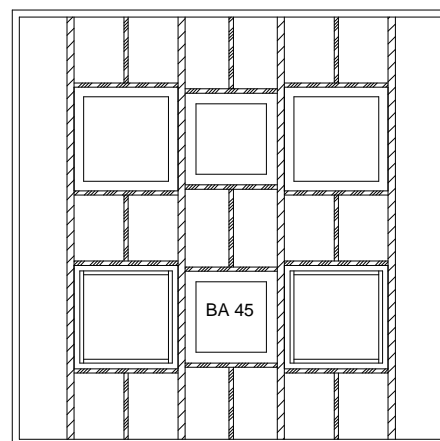
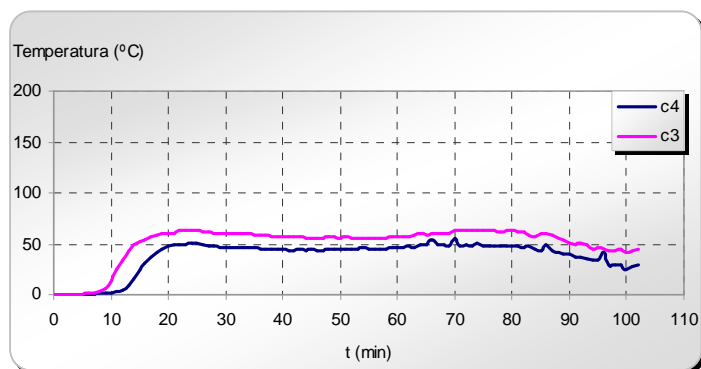


a)



b)

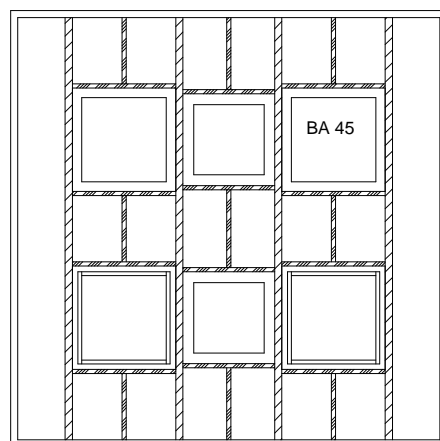
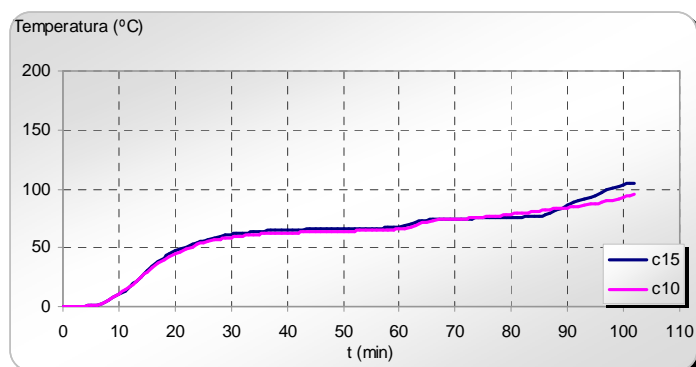
Figura 4.18 Amostra BA 30 [500x500mm²] com abertura para o interior do forno. a) Evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]



a)

b)

Figura 4.19 Amostra BA 45 [500x500mm²] com abertura para o interior do forno. a) Evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]



a)

b)

Figura 4.20 Amostra BA 45 [600x600mm²] com abertura para o exterior. a) Evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]

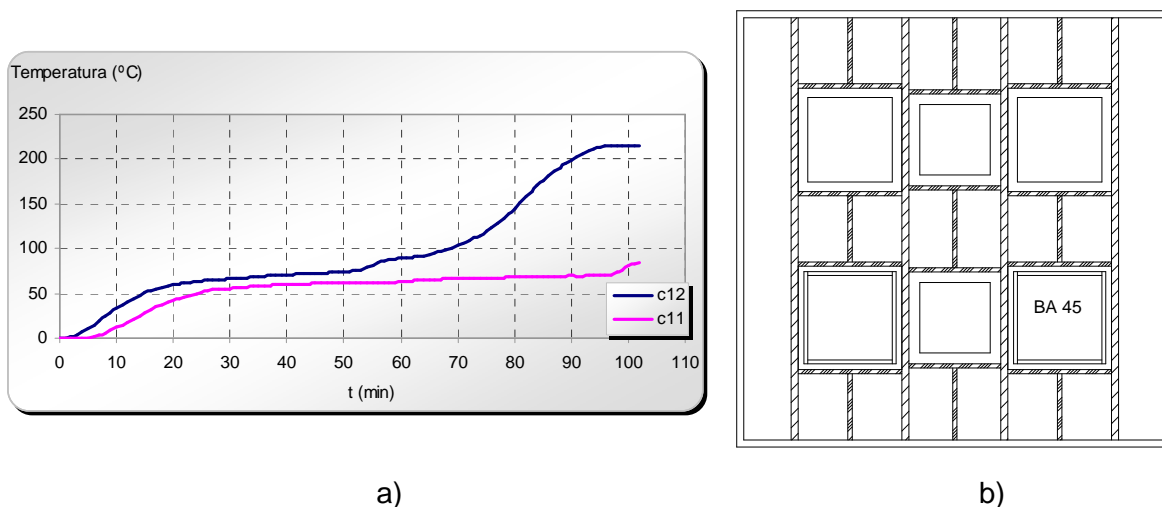


Figura 4.21 Amostra BA 45 [600x600mm²] com abertura para o interior do forno. a) Evolução das temperaturas medidas na face não exposta b) Localização da amostra na obra de suporte. [19]

Na Figura 4.22 pode visualizar-se as médias das temperaturas obtidas em cada uma das caixas de revisão. À excepção das caixas BA 30 [600x600mm²] e da BA 45 [600x600mm²], ambas com abertura para o interior do forno, tendo em conta que os termopares c6 e c12 se posicionam na caixilharia da caixa, logo não entram na avaliação da temperatura média. [1]

Deste modo a leitura dos termopares c8 e c11 são leituras pontuais e ao mesmo tempo “médias”.

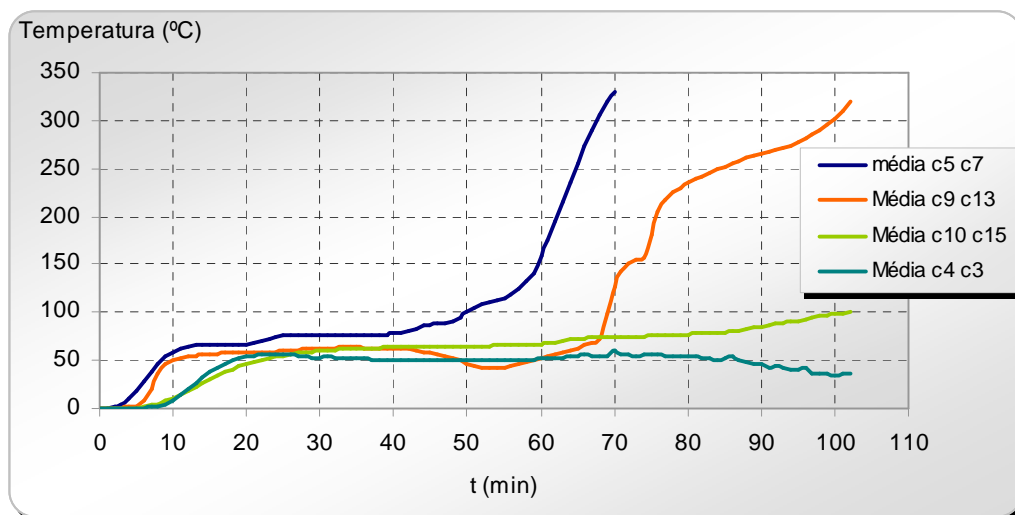


Figura 4.22 Temperaturas médias obtidas em cada uma das caixas de revisão. [19]

A deformação da amostra observada nos pontos indicados na Figura 4.11 encontra-se descrita na figura subsequente.

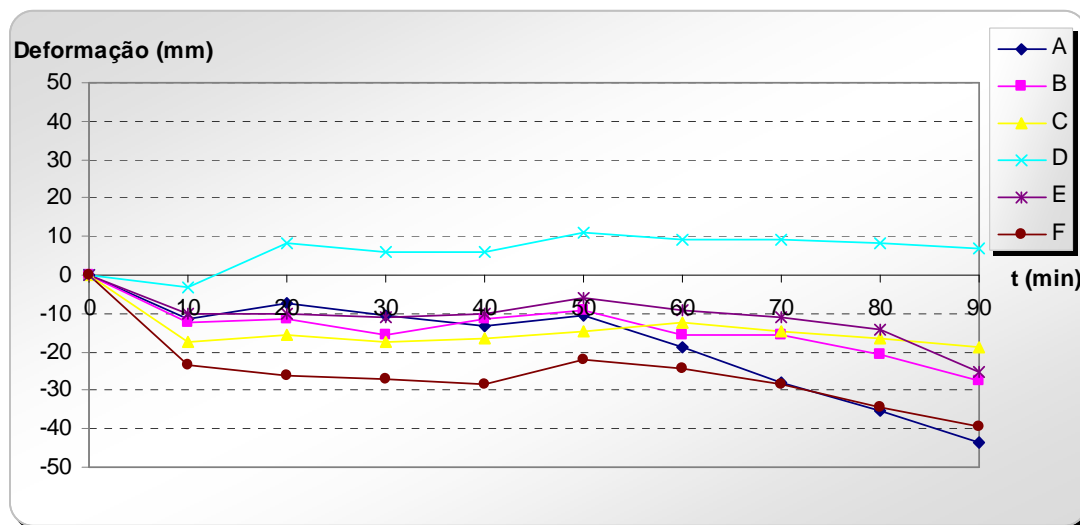


Figura 4.23 Deformação registrada.[19]

4.2.1.5. Observações e conclusões do ensaio

No decorrer deste ensaio foram anotadas as observações mais relevantes, na Tabela 4.2 estas encontram-se organizadas pela sequência temporal.

Tabela 4.2 Observações efectuadas durante o ensaio. [19]

Minuto	Observação
0	Início do ensaio às 17h 54min
57	Amostra BA 30 (600x600mm ²) AF: termopar nº8 ultrapassa 180°C
59	Amostra BA 30 (600x600mm ²) AE: média dos termopares ultrapassa 140°C
60	Amostra BA 30 (600x600mm ²) AE: termopar nº5 ultrapassa 180°C
71	Amostra BA 30 (500x500mm ²) AF: termopar nº9 ultrapassa 180°C
71	Amostra BA 30 (500x500mm ²) AF: média dos termopares ultrapassa 140°C
86	Amostra BA 45 (600x600mm ²) AF: termopar nº12 ultrapassa 180°C
102	Fim do ensaio por mútuo acordo com o requerente

Com a realização deste ensaio nenhuma caixa da amostra falhou o critério de integridade.

As falhas observadas foram relativamente ao critério de isolamento térmico:

- I_1 - ocorrência de um aumento de temperatura superior a 180°C em qualquer ponto da amostra, ou de um aumento de temperatura média superior a 140°C;
- I_2 - ocorrência de um aumento de temperatura superior a 180°C em qualquer ponto da amostra, ou de um aumento de temperatura média superior a 140°C, ou de um aumento de temperatura superior a 360°C na caixilharia das caixas. [2]

Então pode concluir-se o seguinte:

- ♦ Para a caixa de revisão 'REVI-CLAP BA 30 [600x600mm²]', ao fim de 45 minutos não foi observada falha no critério de isolamento térmico I_1 , portanto, todas as caixas construídas com as mesmas dimensões e materiais podem ser classificadas de **EI₁45**.
- ♦ Relativamente, à caixa de revisão 'REVI-CLAP BA 30 [500x500mm²] com lã de rocha' ao fim de 60 minutos não foi observada falha do critério de isolamento térmico I_1 , então, todas as caixas construídas com as mesmas dimensões e materiais podem ser classificadas de **EI₁60**, note-se que esta tipologia apenas foi testada na direcção de abertura exposta ao fogo.
- ♦ Quanto à caixa de revisão 'REVI-CLAP BA 45 [600x600mm²]' ao fim de 60 minutos não foi observada falha do critério de isolamento térmico I_1 , assim, todas as caixas construídas com as mesmas dimensões e materiais podem ser classificadas de **EI₁60**. Nesta mesma amostra ao fim de 90 minutos não foi observada falha do critério de isolamento térmico I_2 , logo, as mesmas caixas podem também ser classificadas de **EI₂90**.
- ♦ Por fim, a caixa de revisão 'REVI-CLAP BA 45 [500x500mm²] com lã de rocha' ao fim de 90 minutos não foi observada a falha do critério de isolamento térmico I_1 , logo, todas as caixas construídas com as mesmas dimensões e materiais podem ser classificadas de **EI₁90**, note-se que esta tipologia apenas foi testada na direcção de abertura exposta ao fogo. [19]

4.2.1.6. Classificação

Para a empresa requerente do ensaio foram emitidos um relatório e um documento técnico, no qual é apresentada a classificação da resistência ao fogo de caixas de revisão Revi-Clap obtida no ensaio realizado no LERF.

A classificação foi realizada de acordo com a norma EN13501-2 e encontra-se presente na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 Classificação das amostras Revi-Clap submetidas ao ensaio de resistência ao fogo.

Sistema	Classificação
REVI-CLAP BA 30 (600x600 mm ²)	EI ₁ 45
REVI-CLAP BA 30 (500x500mm ²) com lã de rocha	EI ₁ 60
REVI-CLAP BA 45 (600x600mm ²)	EI ₁ 60 e EI ₂ 90
REVI-CLAP BA 45 (500x500mm ²) com lã de rocha	EI ₁ 90

4.2.2. Ensaio a uma porta de vidro corta-fogo

Um outro ensaio realizado no LERF, durante o período de elaboração desta dissertação, foi a uma porta de vidro corta-fogo. Este foi um ensaio de desenvolvimento de produto. A montagem do espécime pode ser visualizada na Figura 4.24, enquanto que na Figura 4.25 se apresenta a evolução do ensaio. [18]

Este ensaio permitiu à empresa requerente detectar algumas falhas de concepção da porta e solucioná-las.



Figura 4.24 Montagem do espécime.



Figura 4.25 Evolução do ensaio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

5.1. Considerações Finais

Tendo em conta que Portugal é um dos poucos países da Europa que não possuía um laboratório de resistência ao fogo, e que há relativamente pouco tempo foi instalado o LERF na Universidade de Aveiro, este trabalho serviu para ter um conhecimento da situação europeia e respectiva regulamentação à resistência ao fogo, bem como da legislação relacionada, em vigor em Portugal.

O LERF como laboratório de ensaios de resistência ao fogo permite o desenvolvimento de produtos e a sua classificação, como foi demonstrado no capítulo 4. Para um determinado produto ser colocado no mercado de um país do EEE é fundamental ter marcação CE. Para que um produto tenha a marcação CE deve ter sido testado em laboratório notificado que segundo o DL n.º4/2007, para que se possa proceder à sua notificação tem de ser primeiramente acreditada.

Toda esta pesquisa de informação e estudo permite desenvolvimentos futuros.

5.2. Desenvolvimentos Futuros

Como desenvolvimentos futuros tem-se a acreditação do LERF, o reconhecimento deste como uma entidade com competência técnica para desempenhar actividades de avaliação da conformidade, no presente caso, efectuar ensaios de resistência ao fogo.

A notificação traz-lhe o estatuto de entidade capacitada para a realização de ensaios de produto com o intuito de permitir a aposição da marcação CE.

A par desta actividade de apoio à certificação de produtos de construção com características de resistência ao fogo, prevê-se ainda que o LERF venha a apoiar também as empresas no desenvolvimento dos seus produtos, tendo em vista a sua comercialização.

Também se espera que o LERF, estando integrado no Departamento de Engenharia Civil venha a permitir o desenvolvimento de actividades de investigação dos seus docentes nesta área.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CEN, European Committee for Standardization (August 1999) – “*EN 1363-1, Fire resistance tests - Part 1: General Requirements*”, Brussels.
- [2] CEN, European Committee for Standardization (February 2000) – “*EN 1634-1, Fire resistance tests for door and shutter assemblies - Part 1: Fire door and shutters*”, Brussels.
- [3] CEN, Comité Europeo de Normalización (Agosto 2003) – “*EN 13501-2, Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego - Parte 2: Clasificación a partir de datos obtenidos de los ensayos de resistencia al fuego excluidas las instalaciones de ventilación*”, Bruxelles.
- [4] Diário da República Portuguesa. Decreto-Lei n.º 220/2008, D.R. n.º 220, Série I de 2008-11-12. “Estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios.”
- [5] EGOLF (2006) - *Annual Report*, pp. 8-9.
- [6] EGOLF (2007) – *Internal Rules*.
- [7] EGOLF (2007) – *Statutes*.
- [8] EGOLF – Recomendações EGOLF para o forno de ensaios TC 2 TG3N7.
- [9] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Julho de 2007) – *Formulário Geral de Candidatura*.
- [10] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Dezembro de 2007) – *Formulário Específico de Candidatura*.
- [11] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Maio de 2007) – *Regulamento Geral de Acreditação*.

- [12] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Julho de 2007) – *Regulamento dos Símbolos de Acreditação*.
- [13] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Maio de 2007) – *Procedimento para a Acreditação de laboratórios*.
- [14] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Janeiro de 2006) – *Guia Interpretativo da NP EN ISO/IEC 17025*.
- [15] IPAC, Instituto Português da Qualidade (Dezembro de 2005) – NP EN ISO/IEC 17025, “*Requisitos gerais de Competência para laboratórios de ensaio e calibração*”.
- [16] Pannoni, Fábio Domingos; M.Sc., Ph.D. (2004) – Colectânea do uso do aço Princípios da Protecção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio. Volume 2.
- [17] Vila Real, P. (2003) – “*Incêndio em Estruturas Metálicas – cálculo estrutural*”, Amadora, Edições Orion.
- [18] Vila Real, P.; Lopes, N.; Jesus A. (Maio de 2008) “Ensaio de resistência ao fogo de portas de vidro”, requerido pela empresa SISAF – Sociedade Industrial de Segurança Anti-Fogo e Lda, realizado no LERF da Universidade de Aveiro.
- [19] Vila Real, P.; Lopes, N.; Jesus, A. (Julho de 2008) “*Relatório de ensaio de resistência ao fogo de caixas de revisão Revi-Clap*”, requerido por Domingos Diniz & Filhos, Lda, realizado no LERF da Universidade de Aveiro.

Referências Bibliográficas online:

- [20] <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/001b/0900766b8001ba88.pdf>
(última visita a 8 de Novembro de 2008)
- [21] <http://www.egolf.org.uk/>
(última visita a 20 de Novembro de 2007)

- [22] <http://www.egolf.org.uk/Default.asp?c1=2>
(última visita a 17 de Novembro de 2008)
- [23] <http://www.egolf.org.uk/Members.asp>
(última visita a 17 de Novembro de 2008)
- [24] www.egolf.org.uk – Annual Report 2005
(última visita a 20 de Novembro de 2007)
- [25] <http://elementosqf.wordpress.com/2007/11/17/termopar/>
(última visita a 8 de Novembro de 2008)
- [26] <http://www.eurocodes.co.uk/Content.aspx?ContentId=25>
(última visita a 6 de Novembro de 2008)
- [27] <http://www.eurocodes.co.uk/Eurocodes.aspx>
(última visita a 6 de Novembro de 2008)
- [28] <http://www.ipac.pt>
(última visita a 16 de Outubro de 2008)
- [29] <http://www.ipq.pt/custompage.aspx?pagid=1872>
(última visita a 16 de Outubro de 2008)
- [30] <http://www.ipq.pt/CUSTOMPAGE.aspx?modid=0&pagID=3&faqID=261>
(última visita a 16 de Outubro de 2008)
- [31] http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/organismos_notificados
(última visita a 12 de Outubro de 2008)
- [32] http://www.lnec.pt/qpe/marcacao/sistemas_avaliacao_conformidade
(última visita a 12 de Outubro de 2008)
- [33] http://www.lnec.pt/qpe/legislacao/dl_4_2007.pdf
(última visita a 12 de Outubro de 2008)

[34] www.reviclap.pt

(última visita a 6 de Novembro de 2008)

[36] <http://www.termopares.com.br/termopares/index.asp>

(última visita a 8 de Novembro de 2008)